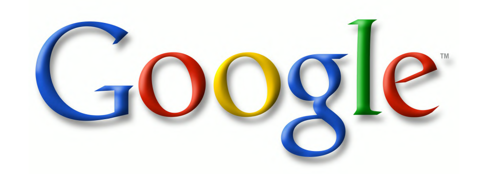


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

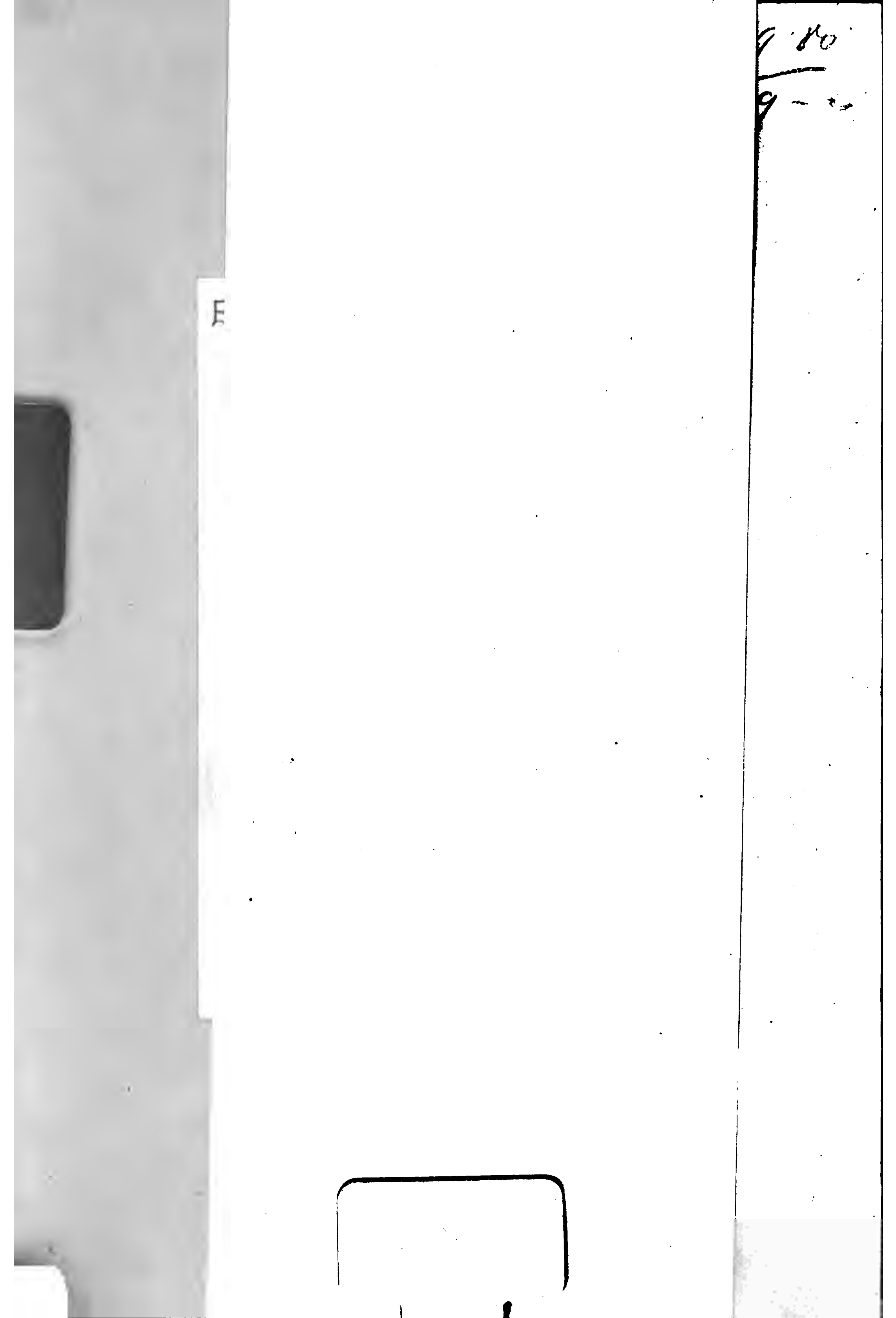
Über Google Buchsuche

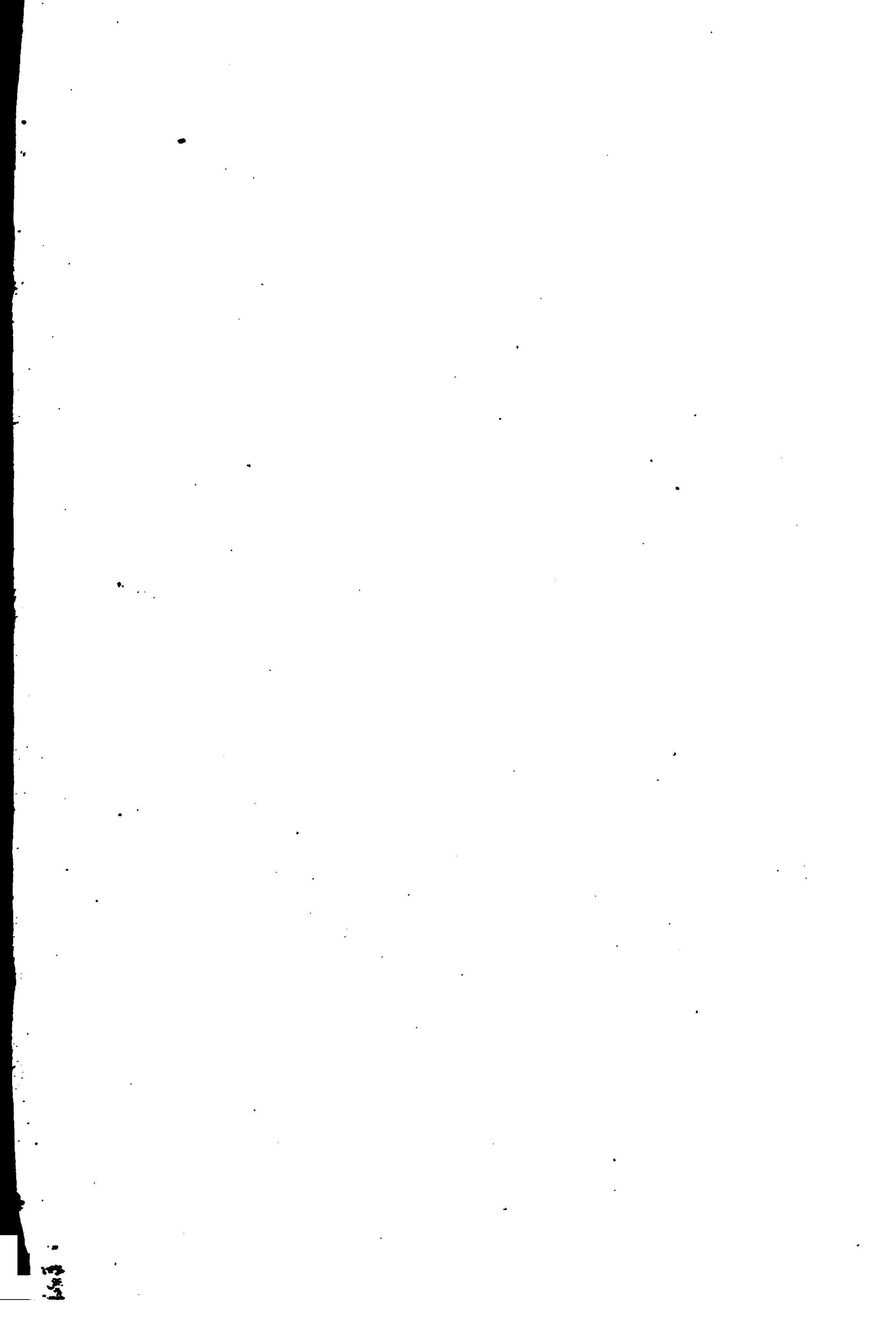
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.







DIE
WETTERMASCHINEN.

VON

JULIUS RITTER VON HAUER,
K. K. OBERBERGRATH UND PROFESSOR AN DER BERGAKADEMIE ZU LEOBEN.

MIT EINEM ATLAS VON XXVIII LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

LEIPZIG.
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1889.

Eng 1538.89

HARVARD COLLEGE
JUN 22 1901
LIBRARY.

Lucy Osgood fund

Das Uebersetzungsrecht bleibt vorbehalten.

Vorrede.

Im Jahre 1870 hat der Verfasser eine Abhandlung, betitelt: „Die Ventilationsmaschinen der Bergwerke“, herausgegeben, welche die Berechnung und Construction der zu jener Zeit gebräuchlichen, zur Wetterführung verwendeten mechanischen Vorrichtungen enthält.

Seither hat dieses Fach an den allgemeinen Fortschritten der Maschinentechnik in um so höherem Maasse theilgenommen, als sich infolge zahlreicher, durch Explosion schlagender Wetter herbeigeführter Katastrophen das dringende Bedürfniss nach verbesserter, wirksamerer Ventilation der Gruben einstellte, und dadurch die Aufmerksamkeit der Constructeure auf die Vervollkommnung der bezüglichen Vorrichtungen, der Erfindungsgeist auf die Schöpfung neuer Apparate gelenkt wurde. Die älteren Einrichtungen traten grossentheils in den Hintergrund und deren Stelle nehmen gegenwärtig eine beträchtliche Zahl wesentlich veränderter oder neuartiger Mechanismen ein, welche beim Erscheinen der oben genannten Abhandlung noch gar nicht oder nur in den ersten Anfängen existirten. Diese Umstände veranlassten das Erscheinen des vorliegenden Werkes, welches daher als zeitgemäss betrachtet werden dürfte; dasselbe hat vom Inhalte des früher herausgegebenen nur Weniges übernommen und bildet nicht eine neue Auflage, sondern vielmehr eine ganz neue Bearbeitung des Gegenstandes.

Da die Literatur über die der Neuzeit angehörenden Wettermaschinen nur wenige und meist sehr unvollständige Skizzen enthält, hat sich der Verfasser an eine grössere Zahl Ingenieure und Fabriken, welche mit Ausführung solcher Maschinen beschäftigt sind, mit dem Ersuchen um Mittheilungen über dieselben gewendet und durch die Gefälligkeit der Betreffenden ein so reichliches Material erhalten, dass er in den Stand gesetzt wurde, über die meisten neueren Ventilatoren nähere Erläuterungen und insbesondere vollständige Detailzeichnungen zu bringen, wie sie bei den vielen Eigenthümlichkeiten in der Construction der einzelnen Theile dieser Maschinen besonders nothwendig und den Lesern erwünscht sein dürften.

Für das freundliche Entgegenkommen in dieser Richtung, durch welches der Zweck des Werkes ausserordentlich gefördert und dessen Inhalt gewiss um seinen werthvollsten Theil bereichert wurde, ist der Verfasser zum wärmsten Dank verpflichtet den Herren Ch. Beer, Maschinenfabriks-Besitzer zu Jemeppe bei Lüttich; A. Geisler, Civilingenieur in Düsseldorf; Gumtow und v. Gillet, Civilingenieuren in

Wien, Fabrik für Heizungs- und Ventilationsanlagen; Emil Harzé, Chef-Ingenieur und Bergwesens-Director im Ministerium für Ackerbau etc. in Brüssel; E. Kaselowsky, Director der Berliner Maschinenbau-Actiengesellschaft, vormals L. Schwartzkopff in Berlin; Carl Kley, Civilingenieur in Bonn; Kraft de la Saulx, Director der Gesellschaft Cockerill zu Seraing; Johann Mayer, Oberingenieur der Kaiser Ferdinands Nordbahn in Polnisch-Ostrau; Daniel Murgue, Ingenieur der Compagnie houillère zu Bessèges, Dep. Gard in Frankreich; Friedrich Pelzer, Civilingenieur in Dortmund; Rudolf Sauer, Inspector der Kaiser Ferdinands Nordbahn in Mährisch-Ostrau; Director Vogel der königl. Berginspection II zu Luisenthal bei Saarbrücken; ferner der Baroper Maschinenbauanstalt in Barop bei Dortmund; der Gutehoffnungshütte, Actienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb zu Oberhausen; der Maschinenfabrik von Heinzmann & Dreyer in Bochum; der Maschinenfabrik Humboldt in Kalk bei Cöln; der Kunstwerkerhütte (Huttrop) bei Steele in Rheinpreussen (Hrn. R. W. Dinnendahl); der Maschinenfabrik von Mohr & Federhaff in Mannheim; der Maschinenfabrik und Eisengiesserei von G. Schiele & Comp. in Bockenheim; der Werkzeugmaschinenfabrik von Wagner & Comp. in Dortmund.

Nicht minder muss der Verfasser dem früheren Adjuncten seiner Lehrkanzel, Herrn Anton Bauer, gegenwärtig Professor des Maschinenbaues an der k. k. Bergakademie zu Leoben, für seine eifrige und erfolgreiche Mitwirkung, namentlich für die Ausführung der Figurentafeln seinen besonderen Dank ausdrücken.

Der Text enthält nach einer Einleitung im 1. Abschnitt die allgemeine Theorie der Centrifugal-Ventilatoren, welche als die gegenwärtig wichtigste Art der Wettermaschinen am eingehendsten behandelt sind, dann die Berechnung einzelner Variationen; hierauf im 2. Abschnitt die Beschreibung der wirklichen Ausführungen nebst Erfahrungs- und Versuchsresultaten, endlich im 3. Abschnitt die sonstigen Apparate, und zwar Schraubenventilatoren, Strahlapparate und Kolbenmaschinen. Dem Titel des Werkes entsprechend und um dasselbe nicht zu sehr auszudehnen, sind darin nur solche Vorrichtungen in Betracht gezogen, welche bisher wirklich zur Wetterversorgung Anwendung fanden, obgleich es noch mehrere, als Hüttengebläse oder zur Lüftung von Gebäuden benützte Arten gibt, die auch als Wettermaschinen eingeführt werden könnten.

Die Erklärung der Zeichnungen ist möglichst deutlich und ausführlich gegeben, um auch dem im Fache weniger Geübten das rasche Verständniss der Constructionen und den Einblick in die Gründe für dieselben zu gewähren. Die zur Berechnung abgeleiteten Formeln sind thunlichst einfach gehalten und deren Gebrauch ist durch Beispiele erläutert; den Schluss des Ganzen bildet die Angabe der Literatur über Wettermaschinen.

Inhalt.

Einleitung.

Die fortwährende Veränderung, welche die Luft in den Grubenräumen durch den Athmungsprocess der Menschen, das Brennen der Lichter, die Zersetzung organischer Stoffe, durch die theils beim Sprengen entwickelten, theils aus dem Gesteine sich abscheidenden Gase und Dämpfe erleidet, macht die Sorge für den Wetterwechsel (die Ventilation) zu einer wichtigen Aufgabe des Bergmannes. Die verdorbene Luft soll beständig fortgeleitet und durch nachströmende reine ersetzt werden. Diese Circulation tritt selbstthätig ein, wenn die Stollen- oder Schachtöffnungen, durch welche die unterirdischen Räume mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, sich in verschiedenen Horizonten befinden, indem zur Winterszeit die warme Grubenluft wie durch einen Schornstein zu den höher gelegenen Oeffnungen emporsteigt und austritt, durch die tieferen kalte äussere Luft einströmt, während im Sommer die umgekehrte Bewegung stattfindet; ein solcher Wetterwechsel heisst ein natürlicher und beruht auf dem Temperatur-Unterschied der äusseren und der Grubenluft. Derselbe wird ungenügend, wenn der Höhenunterschied zwischen den Schacht- oder Stollen-Mundlöchern zu gering ist, oder wenn, wie im Frühling und Herbste, die Temperaturen der äusseren und der Grubenluft zu wenig verschieden sind. Es muss dann ein künstlicher Wetterwechsel geschaffen, d. h. die Luftströmung durch besondere zu diesem Zweck getroffene Einrichtungen hervorgerufen oder wenigstens verstärkt werden.

Der künstliche Wetterwechsel wird auf zwei Arten hervorgebracht, entweder durch Aenderung der Temperatur der Luft oder durch mechanische Mittel. Im ersten Falle wird die Ursache des natürlichen Wetterwechsels, d. i. die Verschiedenheit der Luft-Temperaturen künstlich hervorgerufen oder verstärkt, und zwar durch Erwärmung der aufsteigenden Luft mittelst Feuerungen (Wetterherde, Wetteröfen); hier und da erfüllen diesen Zweck als Nebenaufgabe die Dampfleitungen der unterirdischen Maschinen, oder es wird der einfallende

Wetterstrom durch in den Schacht geschüttetes Wasser gekühlt. Im zweiten Falle wird der Luft ihre Bewegung von einem anderen bewegten Körper mitgetheilt.

Den Gegenstand der vorliegenden Schrift bilden die mechanischen Mittel zur Ventilation, d. s. die Wettermaschinen oder Ventilationsmaschinen.

Pressung und Depression. Zur Lösung der bei Berechnung und Beurtheilung der Wettermaschinen vorkommenden Aufgaben muss die Spannung p der Luft bestimmt werden können. Die Messung dieser Grösse erfolgt durch Manometer, Instrumente, welche im Allgemeinen aus einer heberförmig gebogenen, mit Skala versehenen Glasröhre bestehen, die mit Wasser oder Quecksilber gefüllt ist; für die geringen bei der Ventilation der Gruben vorkommenden Spannungsunterschiede eignet sich zur Füllung besser das specifisch leichtere Wasser.

Sei in Fig. 12 h die Manometerhöhe, welche der im Kanale C herrschenden Spannung entspricht, q der (als durchaus constant vorausgesetzte) Querschnitt des Manometerrohres, b der Barometerstand, als Wasserhöhe ausgedrückt, γ das Gewicht einer Volumseinheit Wasser, so ist, da in dem mit dem inneren Wasserspiegel gleich hohen Querschnitte a des Rohres der gleiche Druck auf- und abwärts wirkt,

$$p\,q = q\,(b + h)\,\gamma$$

$$(1) \quad \ldots\ldots \quad p = (b + h)\,\gamma,$$

durch welche Gleichung die Spannung p als Function des Manometerstandes h ausgedrückt erscheint.

Ist die Spannung p gleich der atmosphärischen $\mathfrak{A}$, also der Druck im Kanale C gleich dem äusseren, so wird $h = 0$, es ergibt sich hiermit

$$(2) \quad \ldots\ldots \quad \mathfrak{A} = b\,\gamma$$

und wenn man diese Gleichung von der vorigen abzieht,

$$p - \mathfrak{A} = h\gamma.$$

Nun ist $p - \mathfrak{A}$ der Ueberdruck der im Kanal befindlichen über die äussere Luft, und die letzte Gleichung zeigt, dass derselbe der Höhe h proportional ist; durch die Manometerhöhe wird also der Ueberdruck der eingeschlossenen über die äussere Luft gemessen.

Ist die Spannung der eingeschlossenen Luft kleiner als die äussere, so stellt sich der innere Wasserspiegel höher als der äussere; es wird dann, da $p < \mathfrak{A}$ ist, nach der letzten Gleichung h negativ.

Man nennt daher in diesem Falle die Höhe h die Depressionshöhe oder negative Manometerhöhe, während für $p > \mathfrak{A}$ eine positive oder Pressungshöhe sich einstellt.

Nebstdem wird der Kürze halber auch der Ausdruck „Pressung“ und „Depression“ für h gebraucht.

Saugende und blasende Maschinen. Es seien in Fig. 15 und 16 B und S zwei Mundlöcher, durch welche der Grubenbau mit dem Tage communicirt; die Luft soll bei B ein- und bei S austreten und die Grubenräume auf einem beliebigen Wege durchströmen. Stellt man die Wettermaschine M nach Fig. 16 bei S auf, so muss sie die Luft aus der Strecke BS auspumpen und ins Freie ausblasen; bei B strömt dann frische Luft nach und die Maschine wirkt saugend. Wenn dagegen die Maschine M nach Fig. 15 bei B aufgestellt wird, so muss sie äussere atmosphärische Luft ansaugen und in die Grube treiben; sie wirkt dann blasend.

Die Spannung der bewegten Luft und die derselben entsprechende Manometerhöhe nimmt in beiden Fällen wegen der Reibung der Luft an den Streckenwänden und der Verluste durch plötzliche Querschnittsänderungen und Krümmungen in der Richtung von B gegen S allmälig ab. Steht nun nach Fig. 15 bei B eine blasende Maschine, so besitzt die bei S ausströmende Luft atmosphärische Spannung, welcher die Manometerhöhe Null entspricht; bei B ist daher die Spannung grösser als die atmosphärische und derselben entspricht eine Manometerhöhe h'. Die Maschine muss also die Spannungshöhe der von aussen angesaugten Luft von 0 auf h', d. h. um h' steigern. Arbeitet hingegen bei S (Fig. 16) eine saugende Maschine, so ist die Manometerhöhe bei B Null, bei S, innerhalb der Strecke, um eine Höhe h'' kleiner, daher gleich einer Depressionshöhe $- h''$; die letztere muss auf Null gebracht, also die Spannungshöhe um h'' vergrössert werden.

Die Vor- und Nachtheile der saugenden und blasenden Ventilation sind in den neueren Werken über Bergbaukunde[1]) so eingehend besprochen, dass eine Anführung derselben an dieser Stelle wohl unterbleiben kann. Im Allgemeinen gibt man für die Ventilation ganzer Grubengebäude der saugenden Wirkung den Vorzug[2]), trifft jedoch zuweilen die Einrichtung, dass der Ventilator sich nach Belieben saugend oder blasend verwenden lässt, um den Wetterstrom umkehren zu können. Maschinen für geringe Luftmengen, wie zur Separatventilation, werden dagegen öfters blasend ausgeführt.

Da die Construction der Wettermaschine selbst die gleiche ist, ob dieselbe nun saugend oder blasend wirkt — der Unterschied besteht nur

---

1) S. Köhler's Bergbaukunde, 3. Aufl., S. 711.

2) Ueber ausgeführte blasende Maschinen s. Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 178, dann Otto, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 162.

darin, dass in dem einen Falle die Luft von einer geringeren auf die atmosphärische, im anderen von der atmosphärischen auf eine höhere Spannung gebracht wird — und da die saugenden Maschinen weitaus vorherrschend sind, ist späterhin in der Regel der Ausdruck „Depression" statt des allgemeineren „Spannungsunterschied" gebraucht, mithin die Maschine als saugende angenommen.

Zur Ventilation erforderliche Luftmenge und Depression. Um die Luft in der Grube stets auf dem erforderlichen Grade der Reinheit zu erhalten, muss in gegebener Zeit ein bestimmtes, von der Zahl der Arbeiter, der Beschaffenheit der Grube u. s. w. abhängiges Luftquantum durch die Baue geführt werden.

Ueber die Luftmenge kann keine allgemeine Vorschrift gegeben werden, da diese von den Lokalverhältnissen abhängt; in den Werken über Bergbaukunde und in Zeitschriften finden sich Angaben darüber. Meist bezieht man die Menge auf die Zahl der in der Grube beschäftigten Arbeiter und rechnet für jeden der letzteren in der Minute 2 bis 3 Cubikmeter. Die Geschwindigkeit der Luft in den Strecken soll ungefähr 0·8 m betragen.

Um eine gegebene Luftmenge M in der Secunde fortzubewegen, ist eine gewisse Pressung oder Depression h nothwendig, d. h. es muss die Spannung der bei B eintretenden Luft bei einer blasenden Maschine (Fig. 15) wie bei einer saugenden (Fig. 16) um einen Betrag h grösser sein, als die der austretenden Luft bei S, und wenn keine Nebenhindernisse vorhanden wären, so würde nach dem bei geringer Spannung h auch für Gase nahe gültigen Ausflussgesetze der tropfbaren Flüssigkeiten die Ausflussmenge in der Secunde

$$M = \alpha A \sqrt{2 g h_l}$$

sein, worin A den Ausflussquerschnitt, α eine Constante, h_l die Höhe der den Ausfluss bewirkenden Luftsäule und g die Acceleration der Schwere bedeutet. Ist h die Wassermanometerhöhe und nimmt man das specifische Gewicht der Luft im Mittel gleich $^1/_{800}$ von dem des Wassers, so wird

$$h_l = 800\, h \text{ und}$$

$$M = \alpha A \sqrt{800 \,.\, 2 g h}.$$

Durch die Bewegungshindernisse wird aber ein Theil der wirksamen Druckhöhe h aufgezehrt, d. h. für den Ausfluss unwirksam gemacht, und dieser Antheil ist der Höhe h selbst proportional. Bezeichnet man denselben mit βh, so ist in obiger Gleichung statt $\alpha \sqrt{h}$ der Werth

$$\alpha \sqrt{h - \beta h} = C \sqrt{h}$$

zu setzen, wodurch sich ergibt

$$(3) \quad \ldots\ldots\ldots \quad M = CA\sqrt{800 \, . \, 2gh}.$$

Die Gleichung (3) zeigt, dass die Depression dem Quadrate der Luftmenge proportional, also z. B. für die doppelte Luftmenge die 4 fache Depression erforderlich sei.

Die Depression h, die zur Fortschaffung einer gegebenen Menge Luft M nothwendig ist, und mithin der Coëfficient C hängt von der Form der Räume ab, welche die Luft durchströmt, und bei der grossen Unregelmässigkeit dieser Räume kann keine Rede davon sein, den Factor C theoretisch zu ermitteln. Derselbe lässt sich mit Sicherheit lediglich bei schon bestehenden Bergbauen und durch directe Messung von h und M bestimmen. Er ist jedoch für eine gegebene Grube so lange constant, als die Ausdehnung und Form der von der Luft durchzogenen Räume die gleiche bleibt.

Die Bestimmung von h kann also auf folgende Art stattfinden. Ist auf der Grube bereits ein Ventilations-Apparat vorhanden, so ermittelt man durch directe Messung die Luftmenge M_1 und den Pressungsunterschied h_1; nach (3) wird dann

$$M_1 = CA\sqrt{800 \, . \, 2gh_1},$$

und aus dieser und der Gleichung (3) folgt

$$\frac{M}{M_1} = \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h_1}},$$

mithin die gesuchte Depression

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad h = \frac{M^2}{M_1^{\,2}} h_1.$$

Steht dagegen noch kein Ventilator auf der Grube, so muss h nach der Erfahrung bei anderen Grubenbauen angenommen werden. Diese Annahme ist nicht leicht verlässlich zu machen, und doch wäre dies von Wichtigkeit, da die Construction des Ventilators dadurch bedingt ist, welcher einen geringeren Effect gibt, wenn er bei einer anderen als der angenommenen Depression arbeiten muss, um die gewünschte Luftmenge zu liefern. Jedenfalls muss h um so grösser sein, je länger, enger und öfter gekrümmt die Strecken sind. Rittinger nimmt in seiner Ventilatorentheorie

$$h = 0{\cdot}00002 \, L \text{ m Wasser},$$

wodei L die Länge der vom Wetterstrom durchzogenen Strecken in m bedeutet und die Geschwindigkeit der Luft in diesen mit 0·8 m angenommen ist. Sonst findet man die allgemeine Formel

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots \quad h = \alpha \frac{LP}{A} v^2,$$

worin h die Depression, L die Länge, P den Umfang und A den Querschnitt der Strecke, v die Geschwindigkeit der Luft in derselben bedeutet und für Metermaass $\alpha = 0{\cdot}000016$ zu setzen ist; h ergibt sich wieder als Wasserhöhe.

Es ist klar, dass die Grössen Luftmenge, Geschwindigkeit und Streckenquerschnitt nicht alle drei gewählt werden können, sondern je zwei die dritte bestimmen.

Gewöhnlich kommen bei ganzen Grubenbauen Luftmengen von 1000 bis 4000 m^3 in der Minute und Depressionen von 0·03 bis 0·10 m Wasser vor.

Einfluss des natürlichen Wetterzuges. Wird die künstliche Ventilation durch den natürlichen Wetterzug unterstützt, so genügt für eine gegebene Luftmenge eine kleinere Depression als sonst. Um diese für eine schon mit einem Ventilator versehene Grube zu ermitteln, lässt man den Ventilator still stehen und erhebt durch Messung der Geschwindigkeit der Luft in der Wetterstrecke die Luftmenge M_2, welche in Folge des natürlichen Zuges durch die Grube strömt; der letztere wirkt ebenso, wie eine Wettermaschine, welche eine der Menge M_2 entsprechende Depression h_2 hervorruft.

Setzt man nun den Ventilator in Gang und ergibt derselbe bei der Depression h_1 die Luftmenge M_1, so wird diese durch die Summe aus der vom Ventilator erzeugten Depression h_1 und der dem natürlichen Wetterzug entsprechenden h_2 in Bewegung gesetzt, und da sich die Depressionen wie die Quadrate der Windmengen verhalten, so ist

$$\frac{h_2 + h_1}{h_2} = \frac{M_1^2}{M_2^2}.$$

Soll nun eine Luftmenge M durch die Grube strömen, und sei h die dazu nothwendige Depression, so erhält man analog zur obigen die Gleichung

$$\frac{h_2 + h}{h_2} = \frac{M^2}{M_2^2}.$$

Aus diesen Gleichungen kann die unbekannte Depression h_2 eliminirt und h berechnet werden. Es folgt

$$h_1 M_2^2 = h_2 (M_1^2 - M_2^2)$$
$$h M_2^2 = h_2 (M^2 - M_2^2)$$
$$h = h_1 \frac{M^2 - M_2^2}{M_1^2 - M_2^2}.$$

Bei der aus dieser Formel sich ergebenden Depression h wird die gegebene Luftmenge M durch die Grube strömen und es sind mithin diese beiden Grössen der Berechnung des neuen Ventilators zu Grunde zu legen.

Leistung der Wettermaschine. Nach dem früher Gesagten hat die Wettermaschine die Aufgabe, die Spannung einer gegebenen Luftmenge in der Secunde um einen gegebenen Betrag (die Pressung oder Depression) zu erhöhen und diese Menge fortzubewegen.

Die Arbeit der Wettermaschine besteht daher in der Verdichtung und Fortschiebung der Luft. Es ist einleuchtend, dass diese Processe stets die gleiche reine Arbeitsgrösse erfordern, ob dieselben nun durch einen Kolben, ein Flügelrad oder irgend ein anderes Mittel ausgeführt werden. Die reine Leistung ist folglich von der Construction der Wettermaschine, welche nur auf die Nebenhindernisse und somit auf die zum Betriebe erforderliche Totalarbeit Einfluss hat, unabhängig und lässt sich unter Voraussetzung einer beliebigen Einrichtung der Maschine ermitteln.

Es soll angenommen werden, dass die Verdichtung und Fortschiebung der Luft durch einen Kolben k (Fig. 14) erfolge, welcher in einem unten offenen Cylinder durch die Stange t auf- und niederbewegt wird. Am Deckel des Cylinders seien zwei Ventile $v\,v_1$ angebracht. Beim Niedergange des Kolbens tritt Luft aus S durch v in den Cylinder, während v_1 geschlossen ist; beim Aufgange ist v geschlossen und die Luft strömt durch v_1 nach D. Die Maschine wirke blasend, wobei S mit der freien Luft, D mit der Grube in Verbindung steht, in S atmosphärische und in D eine höhere Pressung herrscht.

Während des Niederganges ist der Druck ober und unter dem Kolben gleich und es wird keine Arbeit an die Luft übertragen. Beim Aufgange wird die Luft ober dem Kolben zuerst verdichtet und dann, indem das Ventil v_1 sich öffnet, in die Leitung D geschoben. Die vom Kolben verrichtete Leistung ist daher gleich der Verdichtungsarbeit E_v mehr der Fortschiebungsarbeit E_s, welche ohne Hilfe des von unten wirkenden Luftdruckes nothwendig wären, weniger der Arbeit E_l, welche eben dieser Druck auf den Kolben überträgt; daher ist die von der Maschine an den Kolben bei dessen Aufgang zu übertragende Arbeit E_1

$$(6) \quad \dots\dots\dots \quad E_1 = E_v + E_s - E_l.$$

Bei den geringen zur Ventilation erforderlichen Spannungen kann die Verdichtung als nach dem Mariotte'schen Gesetz stattfindend angenommen werden; bezeichnet M_1 das bei jedem Kolbenschube fortgeschaffte Luftvolum, $\mathfrak{A}$ die atmosphärische und p die Spannung der verdichteten Luft, so ergibt sich für die Verdichtungsarbeit der bekannte Ausdruck

$$E_v = M_1 \, \mathfrak{A} \log nat \frac{p}{\mathfrak{A}}.$$

Ist O die Kolbenfläche, S der ganze und s der Kolbenlauf während der Fortschiebung der Luft, so ergibt sich die für letztere nothwendige Arbeit

$$E_s = O p s$$

und die Arbeit des Luftdruckes

$$E_l = O \mathfrak{A} S.$$

Die in den Cylinder eingetretene Luftmenge besitzt bei der Spannung $\mathfrak{A}$ das Volum $O S$ und bei der Spannung p das Volum $O s$, nach dem Mariotte'schen Gesetze ist daher

$$O p s = O \mathfrak{A} S \text{ oder}$$
$$E_s = E_l,$$

mithin wird die an den Gebläsekolben von der Maschine zu übertragende Leistung nach (6)

$$(7) \quad \ldots \ldots \quad E_1 = E_v = M_1 \mathfrak{A} \log nat \frac{p}{\mathfrak{A}},$$

also einfach gleich der Verdichtungsarbeit, indem die Verschiebungsarbeit E_s durch den äusseren Luftdruck geleistet wird.

Ist die Maschine saugend, so steht (Fig. 14) S mit der Grube in Verbindung und D mündet ins Freie; die Spannung p' in S ist kleiner als die atmosphärische $\mathfrak{A}$ und wird durch die Maschine bis auf $\mathfrak{A}$ erhöht. Die Wirkung des äusseren Luftdruckes auf die untere Kolbenfläche compensirt sich für den Auf- und Niedergang; bei letzterer Bewegung gibt die ober dem Kolben einströmende Luft an diesen die Arbeit $O p' S$ ab, beim Aufgange wird an die Luft die Arbeit zur Verdichtung von p' auf $\mathfrak{A}$ und zur Verschiebung übertragen, die reine Leistung für Auf- und Niedergang zusammen ist

$$E_1' = M_1 p' \log nat \frac{\mathfrak{A}}{p'} + O \mathfrak{A} s - O p' S;$$

da wieder $p' S = \mathfrak{A} s$ ist, wird

$$E_1' = M_1 p' \log nat \frac{\mathfrak{A}}{p'},$$

also gleich der Verdichtungsarbeit allein, wie früher.

Näherungswerth für die Leistung der Wettermaschine. Drückt man in (7) die Spannungen p und $\mathfrak{A}$ nach (1) und (2) aus und entwickelt den log. nat. in eine Reihe, so ergibt sich

$$E_1 = M_1 b \gamma \log nat \frac{(b+h)\gamma}{b\gamma} = M_1 b \gamma \log nat \left(1 + \frac{h}{b}\right) =$$
$$= M_1 b \gamma \left[\frac{h}{b} - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \ldots\right].$$

Das Verhältniss der Manometerhöhe h zum Barometerstand b beträgt bei der Grubenventilation nicht mehr als $\frac{1}{50}$, daher die auf das erste folgenden Glieder der obigen Reihe vernachlässigt werden können; es ergibt sich dadurch

$$(8) \quad \ldots\ldots\ldots \quad E_1 = M_1 \, h \, \gamma,$$

der bekannte Näherungswerth für den Gebläseeffect.

Bei einer saugenden Maschine ist, wenn h' die Depressionshöhe bedeutet, die Spannung

$$p' = (b - h') \, \gamma,$$

daher nach obigem Ausdruck für E_1'

$$E_1' = M_1 (b - h') \gamma \, log \, nat \, \frac{b \gamma}{(b - h') \gamma} = M_1 (b - h') \gamma \, log \, nat \left[1 + \frac{h'}{b - h'} \right],$$

welcher Ausdruck sich von dem oben für E_1 entwickelten nur dadurch unterscheidet, dass $b - h'$ statt b und h' statt h steht; es ergibt sich daher übereinstimmend mit (8)

$$E_1' = M_1 \, h' \gamma.$$

Der Ausdruck (8) für den Gebläseeffect lässt sich auch auf folgende Art ableiten. Da die geringe Steigerung der Spannung der Luft auf einem kurzen Wege des Kolbens stattfindet, darf man annähernd voraussetzen, die Pressung der Luft ober dem Kolben sei auf dessen ganzem Laufe S gleich h. Diese Spannung hält der Flüssigkeitssäule von der Höhe h das Gleichgewicht und wirkt somit auf den Kolben wie das Gewicht einer ebenso hohen denselben bedeckenden Flüssigkeitsschicht, daher ergibt sich

$$E_1 = O \, h \gamma \, S = M_1 \, h \gamma.$$

Reine Leistung in der Secunde. Die Formeln (7) und (8) geben die reine Leistung E_1 an, welche zur Verdichtung und Fortschiebung der bei jedem einfachen Kolbenlauf gelieferten Luftmenge M_1 erforderlich ist. Setzt man statt M_1 die in der Secunde fortbewegte Luftmenge M, so ergibt sich die in der Secunde erforderliche reine Leistung E analog zu (8)

$$(9) \quad \ldots\ldots\ldots \quad E = M h \gamma.$$

Ist endlich ε der Wirkungsgrad der Wettermaschine, so erhält man die nothwendige Betriebskraft $\mathfrak{E}$

$$\mathfrak{E} = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{M h \gamma}{\varepsilon}.$$

Nach (3) ist bei einer gegebenen Grube die Depression h dem

Quadrate der zu liefernden Luftmenge M proportional, so dass die Formel (9) für die reine Leistung des Ventilators sich auch in der Form

$$E = n M^3$$

schreiben lässt, wobei n eine Constante bedeutet. Die Betriebskraft ist mithin der dritten Potenz der Luftmenge proportional, und soll letztere z. B. auf das Doppelte erhöht werden, so ist dazu eine Steigerung der Betriebskraft auf nicht weniger als das Achtfache nothwendig. Die Ventilation leidet in dieser Beziehung unter einem sehr ungünstigen Verhältnisse, und wenn auch die Betriebsmaschine eine ansehnliche Vergrösserung der normalen Leistung gestattet, kann die Luftmenge, welche durch die Grube strömt, nur wenig vermehrt werden.

Lebendige Kraft der abströmenden Luft. Die Luft, welche die Grubenräume durchströmt hat, tritt mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Atmosphäre. Ist bei M (Fig. 15) eine blasende Maschine aufgestellt, so erfolgt der Austritt der Luft durch die Stollen- oder Schachtmündung S direct; steht hingegen bei M (Fig. 16) eine saugende Maschine, so treibt diese die Luft ins Freie. Es ist mithin eine entsprechende Arbeitsgrösse als lebendige Kraft in der ausströmenden Luft enthalten, und aus diesem Grunde ein höherer Werth von h, sowie ein Mehraufwand an Betriebskraft nothwendig, welcher nur dann verschwindet, wenn der Austrittsquerschnitt der Luft unendlich gross, ihre Geschwindigkeit unendlich klein ist; er lässt sich daher nicht ganz vermeiden. Dieser Mehraufwand ist jedoch bei blasenden Maschinen sehr gering und kann bei saugenden durch Erweiterung des Austrittskanales für die Luft beliebig herabgesetzt werden. Die lebendige Kraft der abströmenden Luft ist übrigens als Nebenverlust zu betrachten und wurde daher bei Aufstellung des Werthes von E nicht in Abschlag gebracht, ebensowenig als die sonstigen Verluste, welche den Wirkungsgrad herabsetzen und daher in dem Werthe, welchen man für den Wirkungsgrad ε annimmt, zu berücksichtigen sind.

Gleichwerthige Oeffnung. Durch diesen von Murgue[1]) aufgestellten Begriff wird das Verständniss der bei der Ventilation auftretenden Vorgänge erleichtert. Nach (3) ist

$$M = C A \sqrt{800 . 2 g h},$$

worin A die Grösse der Oeffnung, durch welche die Luft aus der Grube austritt, h die Pressung oder Depression, welche die Bewegung derselben hervorruft, M das Luftvolum in der Zeiteinheit und C einen für eine bestimmte Grube bei verschiedenen Luftmengen und Depressionen nahe constanten Coëfficienten bedeutet.

---

1) Ueber Grubenventilatoren. Deutsch von J. v. Hauer, S. 4.

Unter der **gleichwerthigen** oder **äquivalenten Oeffnung** (orifice équivalent) versteht nun **Murgue** diejenige Oeffnung in einer dünnen Wand, durch welche bei derselben Depression die gleiche Luftmenge durchströmt, wie durch die betrachtete Grube. Ist C_1 der dem Coëfficienten C analoge Werth für die Oeffnung in der dünnen Wand, a die Grösse der letzteren, so wird

$$(10) \quad \ldots\ldots\ldots \quad M = C_1\, a \sqrt{800 \,.\, 2gh}.$$

Aus dieser und der obigen Gleichung folgt

$$C A = C_1\, a,$$

$$a = \frac{C}{C_1} A.$$

Unter der jedenfalls nahe zutreffenden Annahme, dass das Verhältniss $\frac{C}{C_1}$ für eine gegebene Grube bei verschiedenen Luftmengen constant sei, wird auch die gleichwerthige Oeffnung a für die betreffende Grube eine constante Grösse, durch welche das Verhalten der Grube in Bezug auf den Luftdurchgang charakterisirt ist; denn je mehr Widerstände die Luft beim Durchgange findet, je enger und öfter gekrümmt die Strecken sind u. s. w., desto kleiner wird C und somit a. Die Widerstände nehmen auch mit der **Länge** des Wetterweges zu, daher C und die gleichwerthige Oeffnung a um so kleiner werden, einen je längeren Weg die Luft in der Grube zurückzulegen hat.

Um a für eine gegebene Grube zu ermitteln, misst man die Luftmenge M_1, welche durch dieselbe strömt, und die dabei vorhandene Pressung oder Depression h_1; nimmt man den Coëfficienten für den Ausfluss in dünner Wand

$$C_1 = 0{\cdot}65,$$

so ergibt sich nach (10)

$$M_1 = 0{\cdot}65\, a \sqrt{800 \,.\, 2 g h_1},$$

und wenn man $g = 9{\cdot}8088$ m einsetzt,

$$(11) \quad \ldots\ldots \quad a = \frac{M_1}{0{\cdot}65 \sqrt{800 \,.\, 2 g h_1}} = 0{\cdot}0120 \frac{M_1}{\sqrt{h_1}}.$$

Ist a bestimmt, so findet man die Depression h, welche zur Fortschaffung einer beliebigen Luftmenge M erfordert wird, indem man in (11) M und h statt M_1 und h_1 einsetzt,

$$a = 0{\cdot}0120 \frac{M}{\sqrt{h}},$$

$$(12) \quad \ldots\ldots\ldots \quad h = 0{\cdot}000144 \frac{M^2}{a^2}.$$

Sowie die Form und Ausdehnung der von der Luft durchströmten Grubenräume sich ändert, nimmt auch das Verhältniss zwischen Luftmenge und Quadratwurzel aus Depression, mithin die äquivalente Oeffnung einen anderen Werth an; dieselbe ist eben nur für eine Grube von bestimmten räumlichen Verhältnissen constant.

Je nach dem Werthe von a unterscheidet Murgue weite, mittlere und enge Gruben. Weite Gruben sind solche, für welche a merklich kleiner ist als 1 Quadratmeter, bei mittleren ist a etwas kleiner oder grösser als 1 und bei weiten merklich grösser als 1 Quadratmeter. In einem späteren Aufsatze[1]) wird es als angemessener bezeichnet, mittlere Gruben jene zu nennen, bei welchen $a = 1$ bis 2 Quadratmeter ist.

Die gleichwerthige Oeffnung ist bei einer im Betriebe befindlichen Grube wegen des Fortschreitens der Baue einer stetigen Veränderung ausgesetzt. Auf dieselbe hat auch die Bewegung des Personals, der Förderwägen und der Förderschalen einen wenngleich geringen Einfluss. Endlich ist nicht zu übersehen, dass selbst ohne diese Factoren der Werth von a nicht genau constant bleibt, sobald die Depression h und daher die Luftmenge M sich beträchtlich ändert, weil dann der Coëfficient C sich etwas modificirt.

Durchgangsöffnung. Ausser der gleichwerthigen Oeffnung, welche die Hindernisse gegen die Bewegung der Luft in den Grubenräumen charakterisirt, führt Murgue noch einen anderen anschaulichen Begriff ein, und zwar die Durchgangsöffnung, welche die Bewegungshindernisse der Luft in der Ventilationsmaschine selbst berücksichtigt.

Während die Luft sich durch die Wettermaschine bewegt, wird ihre Spannung gesteigert, ein Theil h_n dieser Spannungsvermehrung jedoch sofort durch die Bewegungshindernisse, als Reibung, Krümmungen und plötzliche Querschnittsänderungen absorbirt, daher nur der Rest als messbare Differenz in den Spannungen der angesaugten und ausgeblasenen Luft zum Vorschein kommt, — bei saugenden Maschinen als Depression der eintretenden und bei blasenden als Pressung der austretenden Luft. Man kann sich nun statt des Ventilators wieder eine Oeffnung o in dünner Wand vorstellen, welche bei derselben Spannungsdifferenz h_n die gleiche Luftmenge M durchströmen lässt, wie der Ventilator; dieselbe heisst die Durchgangsöffnung des letzteren. Analog zu (10) wird dann

$$(13) \quad \ldots\ldots \quad M = C_1\, o \sqrt{800 \cdot 2\, g\, h_n}$$

und hieraus folgt

$$o = \frac{M}{C_1 \sqrt{800 \cdot 2\, g\, h_n}},$$

---

1) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 710.

oder da. man, wie früher, den Coëfficienten C_1 für die Bewegung der Luft durch eine Oeffnung in dünner Wand gleich 0·65 setzen kann,

$$(14) \quad \ldots\ldots\ldots \quad o = 0{\cdot}0120 \frac{M}{\sqrt{h_n}}.$$

Je mehr Hindernisse die Luft auf dem Wege durch den Ventilator findet, desto grösser ist h_n und desto kleiner ergibt sich somit die Durchgangsöffnung, ganz wie es mit der gleichwerthigen Oeffnung a bezüglich des Wetterweges in der Grube der Fall ist.

Die Grösse von o kann bestimmt werden, wenn in der Grube ein natürlicher Wetterzug herrscht. Lässt man die Maschine stehen, so bleibt der natürliche Zug allein, vermöge dessen eine Luftmenge M_2 durch den Ventilator strömt und ein Pressungsunterschied h_2 sich einstellt. Die Luftmenge M_2 kann durch Geschwindigkeitsmessung, h_2 mittelst des Manometers an der Saugöffnung des Ventilators erhoben werden; wenn die Luft durch diesen in die Grube einzieht, ist h_2 eine Depression, im entgegengesetzten Falle eine Pressung. Man erhält somit nach (14)

$$o = 0{\cdot}0120 \frac{M_2}{\sqrt{h_2}}.$$

Volum- und Depressionsventilatoren. Nach ihrer Wirkungsart lassen sich die Ventilationsmaschinen in zwei Hauptarten scheiden: Volum- und Depressionsventilatoren. Erstere schieben in gegebener Zeit ein bestimmtes Luftquantum fort; als Typus derselben kann die Kolbenmaschine betrachtet werden, welche, aus einem Cylinder mit Ventilen und einem darin hin und her bewegten Kolben bestehend, bei jedem Kolbenlaufe eine gewisse Luftmenge M aus der Grube schafft. Dabei stellt sich von selbst jene Depression h an der Saugöffnung des Ventilators ein, welche zur Bewegung dieser Luftmenge durch die Grube nothwendig ist; die Beziehung zwischen M und h ist durch die Formel (3) gegeben. Die Ermittlung der richtigen Dimensionen einer solchen Maschine ist daher eine einfache Aufgabe; man setzt das Product aus der Fläche und der anzunehmenden Geschwindigkeit des Kolbens gleich der in einer Secunde fortzuschaffenden Luftmenge und bestimmt aus der erhaltenen Gleichung die Kolbenfläche. Diese ist sowie die Kolbengeschwindigkeit unabhängig von der zu erzielenden Depression oder von der Grösse der gleichwerthigen Oeffnung und die Maschine gibt auf jeder Grube bei gleicher Geschwindigkeit dieselbe Luftmenge, abgesehen natürlich von den mit der Spannung veränderlichen Verlusten durch schädliche Räume und Undichtheiten.

Anders verhält es sich bei den Depressionsventilatoren. Der

verbreitetste darunter ist der Centrifugalventilator, ein mit Flügeln ausgestattetes rotirendes Rad, welches die zwischen den Flügeln befindliche Luft in Drehung versetzt und durch die Fliehkraft am Umfange zum Austritte bringt, wodurch im Innern des Rades eine Depression entsteht, welche das beständige Nachsaugen neuer Luft, bei blasenden Ventilatoren der äusseren, bei saugenden der Grubenluft zur Folge hat. Zur Erzeugung des gegebenen Spannungs-Unterschiedes h, bei welchem die Luftmenge M fortbewegt wird, ist eine gewisse Umfangsgeschwindigkeit nothwendig und muss nebstdem der Ventilator die richtigen Durchgangsquerschnitte besitzen. Sind letztere klein, so muss die Luft innerhalb des Ventilators eine grössere Geschwindigkeit annehmen, wodurch die Reibungs- und andere Verluste wachsen, zur Erzielung der gegebenen Depression daher eine grössere Umfangsgeschwindigkeit nothwendig wird und zugleich der Wirkungsgrad sinkt. Sind dagegen die Querschnitte gross, so genügt zur Erreichung einer bestimmten Depression eine kleinere Tourenzahl, allein der Wirkungsgrad nimmt wieder ab, und zwar wegen der grösseren Dimensionen des Rades, dessen Nebenhindernisse dadurch wachsen. Zur Erreichung des höchsten Wirkungsgrades ist daher eine bestimmte Grösse der Durchgangsöffnung nothwendig, für welche keine allgemeinen Regeln existiren.

Was nun die Vor- und Nachtheile dieser beiden Arten von Wettermaschinen betrifft, so kann bei Volumventilatoren nach dem Gesagten die Geschwindigkeit unabhängig von der zu erzeugenden Depression gewählt werden; wenn nur die Querschnitte gross genug sind, wird dann die gewünschte Luftmenge geliefert und zugleich entsteht jener Pressungsunterschied, welcher zur Bewegung derselben durch die Grube nothwendig ist. Bei Depressionsventilatoren dagegen wächst die nothwendige Umfangsgeschwindigkeit mit der zu erzeugenden Depression oder Pressung; bei Grubenventilatoren erreicht nun diese Geschwindigkeit allerdings noch lange nicht die Grenze des praktisch Erreichbaren, allein wenn die Luftmenge klein, die Depression gross, also die gleichwerthige Oeffnung a nach (11) klein und die Grube eng ist, können sich ungünstige Constructionsverhältnisse für den Depressionsventilator herausstellen, welche dessen Effect herabsetzen.

Der Volumventilator liefert ferner bei gegebener Tourenzahl stets die gleiche Luftmenge, während die Leistung des Depressionsventilators durch den natürlichen Wetterzug beeinflusst ist und daher dessen Gang stets abgeändert werden muss. Wenn behufs der Verbesserung des Wetterzuges ein zweiter Volumventilator aufgestellt wird, so summirt sich dessen Leistung zu derjenigen, welche der vorhandene ergibt; wenn dagegen einem Centrifugalventilator ein zweiter beigesellt wird, erhöht

sich, wie in einem späteren Kapitel gezeigt wird, allerdings die Depression und Luftmenge, zugleich aber nimmt der Wirkungsgrad ab.

Andererseits bleibt bei den Depressionsventilatoren der dichte Schluss länger erhalten; die Construction ist eine einfachere, es fehlen Klappen, Ventile und andere Theile, welche der Abnutzung ausgesetzt sind, Störungen im Betriebe und, wie bei Kolbenmaschinen nachgewiesen, beträchtlichen Effectverlust hervorrufen. Im Allgemeinen ist es für die Ventilation vortheilhaft, wenn die Gruben weit sind, weil dann eine kleinere Depression nothwendig wird; für eine solche entsprechen aber die Volumventilatoren weniger gut[1]), weil dabei die Ventile den Effect mehr herabsetzen. Bei grosser Luftmenge erhalten sie ferner grosse Dimensionen.

Man erwähnt noch zu Gunsten der Depressionsventilatoren, dass bei einer Störung im Gange derselben der natürliche Wetterzug durch das Flügelrad hindurch anhält, während eine zum Stillstande gekommene Kolbenmaschine die Grube absperrt, denn der natürliche Wetterzug wird, wenn auch die Maschine Ventile besitzt, diese nicht offen zu halten vermögen. Diesem Umstande ist allerdings kein grosses Gewicht beizulegen, denn man kann ja in dem Saugkanale eine Oeffnung mit Deckel anbringen, der beim Stillstand des Ventilators abgenommen wird.

Aus den sonstigen angeführten Gründen jedoch werden in der Regel die Depressionsventilatoren der anderen Gruppe vorgezogen.

Eintheilung der Wettermaschinen. Von den zwei angeführten Hauptarten zerfallen die Depressionsventilatoren in Centrifugal- und Schraubenventilatoren, dann Strahlgebläse. Zu den Volumventilatoren gehören die Kolbenmaschinen, welche in gewöhnliche, rotirende und Kolbenmaschinen mit Wasserliederung unterschieden werden können.

Bei kleiner Dimension und vorübergehender Benutzung werden die Wettermaschinen auch durch Menschenkraft betrieben und heissen dann Handventilatoren.

---

1) Dieser Umstand ist auch in der Praxis gewürdigt, indem z. B. nach Murgue (Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 710) von 12 in England untersuchten Wettermaschinen bei 6 Volumventilatoren die gleichwerthige Oeffnung der Grube 0·69 bis 1·79, bei den 6 Centrifugalventilatoren 2·12 bis 6·15 m² hatte.

I. Theorie der Centrifugal-Ventilatoren.

Die Skizzen Fig. 10 und 11 geben das Bild einer der gebräuchlichen Constructionen eines Centrifugal-Ventilators. Dieser besteht aus einer mit der Welle *w* durch Nabe und Keil verbundenen Scheibe, an deren Umfang Flügel *f* befestigt sind. Letztere sind nach Cylinderflächen gekrümmt, deren Erzeugende parallel zur Radachse liegen. Das Rad ist von einem Gehäuse *G* umgeben, an dem sich einerseits die Oeffnung *o* für die Welle, anderseits das Saugrohr *S* für die eintretende Luft befinden. An das Gehäuse schliesst sich tangential das Blaserohr *B*.

Wird das Rad in der Richtung des in Fig. 11 eingezeichneten Pfeiles gedreht, so erhält die zwischen den Flügeln befindliche Luft eine rotirende Bewegung und entfernt sich nebstdem wegen ihrer Trägheit oder der durch die Rotation hervorgerufenen Fliehkraft in radialer Richtung von der Achse, sie tritt daher aus dem Rade in das umgebende Gehäuse und gelangt in das Blaserohr *B*. Durch den Austritt der Luft aus dem Flügelraum sinkt dort die Spannung und strömt daher continuirlich neue Luft aus dem Saugrohr *S* nach.

Wird das Rohr *S* mit der Strecke, dem Schacht oder Kanal, durch welchen die Luft aus der Grube ausziehen soll, in Verbindung gesetzt und mündet das Blaserohr *B* ins Freie, so wirkt der Ventilator saugend. In diesem Falle kann auch das Blaserohr oder das ganze Gehäuse wegbleiben und die Luft direct vom Radumfang ins Freie ausgeblasen werden. Tritt dagegen äussere Luft in das Rad — wobei das Saugrohr *S* entbehrlich wird — und verbindet man das Blaserohr *B* mit dem Kanal, durch welchen die Luft dem Grubenbau zuströmen soll, so wirkt der Apparat blasend.

Der vorliegende Abschnitt gibt zuerst eine Berechnung der Hauptdimensionen der Centrifugal-Ventilatoren, erläutert durch einige Beispiele, dann werden die Begriffe „anfängliche Depression“ und „manometrischer Wirkungsgrad“ erklärt und endlich mehrere von der oben angenommenen abweichende Ventilator-Constructionen berechnet.

Bewegung der Luft in einem Rohre. Der Raum, welcher von zwei aufeinanderfolgenden Flügeln eingeschlossen ist, lässt sich als Rohr betrachten, welches im Beharrungszustande mit constanter Winkelgeschwindigkeit rotirt. Die Berechnung der Centrifugal-Ventilatoren beruht auf dem Gesetz über die Bewegung der Luft durch ein solches Rohr.

Dieses Gesetz darf als bekannt vorausgesetzt werden.[1]) Unter den Annahmen, dass der Querschnitt des Luftstromes sich nur allmälig ändere, dass derselbe keine Reibung erleide, und dass Spannung und Geschwindigkeit der Luft in der Ausdehnung jedes einzelnen Querschnittes constant seien, lautet dasselbe in der genäherten Form, welche für die geringen bei Gruben-Ventilatoren vorkommenden Spannungsunterschiede anwendbar ist:

$$(15) \quad \ldots\ldots \quad u^2 - v^2 + \frac{2\,g\,p}{\delta} = C.$$

Hierin bedeutet u die relative, d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Luft in einem beliebigen Querschnitte parallel zur Rohrachse bewegt, p deren Spannung, δ ihr specifisches Gewicht und v ihre mittlere Umfangsgeschwindigkeit innerhalb dieses Querschnittes, g die Acceleration der Schwere, endlich C eine Constante.

Für ein ruhendes Rohr ist $v = 0$, die relative Geschwindigkeit u wird gleich der absoluten, welche mit U bezeichnet werden soll, und es ergibt sich aus (15)

$$(16) \quad \ldots\ldots \quad U^2 + \frac{2\,g\,p}{\delta} = C_1,$$

worin C_1 eine andere Constante bedeutet.

Ist b der Barometerstand, h die der Spannung p entsprechende Manometerhöhe und γ das specifische Gewicht der Manometerflüssigkeit, so wird nach (1)

$$p = (b + h)\,\gamma,$$

und führt man diesen Ausdruck oben ein, so erhält man

$$U^2 + \frac{2\,g\,\gamma}{\delta}(b + h) = C_1,$$

$$(17) \quad \ldots\ldots \quad \frac{\delta}{2\,g\,\gamma}\,U^2 + h = \frac{\delta}{2\,g\,\gamma}\,C_1 - b.$$

In dem ersten Gliede links vom Gleichheitszeichen ist $\frac{U^2}{2\,g}$ die Höhe, über welche ein Körper frei fallen muss, um die Geschwindigkeit U zu

1) Die Entwicklung desselben enthalten u. A. Rittinger's Ventilatoren-Theorie, des Verfassers Werk über Hüttenwesensmaschinen, Murgue's Abhandlung über Grubenventilatoren und deren deutsche Bearbeitung vom Verfasser.

erlangen. Vermöge dieser Geschwindigkeit übt die Luft auf eine senkrecht zu deren Bewegungsrichtung stehende Fläche einen Druck aus, welcher dem Gewichte der Luftsäule von der Höhe $\frac{U^2}{2g}$, oder dem Gewichte einer Säule Manometerflüssigkeit von der Höhe

$$(18) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{\delta}{\gamma}\frac{U^2}{2g} = \mathfrak{h}$$

gleichkommt.

Man nennt $\mathfrak{h}$ die Geschwindigkeitshöhe; dieselbe kann durch ein Manometer (Fig. 13) gemessen werden, dessen Rohr seine untere Mündung gegen den Luftstrom kehrt, so dass der von der Geschwindigkeit herrührende Druck auf die Flüssigkeit wirkt und eine Höhe $h + \mathfrak{h}$ erzeugt wird, während bei dem in Fig. 12 gezeichneten Manometer mit senkrecht zur Bewegung der Luft eintauchendem Rohr nur die Pressungshöhe h erscheint.

Da die Grösse rechts vom Gleichheitszeichen in (17) constant ist, so ist auch die links stehende Summe

$$(19) \quad \ldots\ldots \quad h + \frac{\delta}{2g\gamma} U^2 = h + \mathfrak{h} = H$$

aus Pressungs- und Geschwindigkeitshöhe, welche man effective Druckhöhe nennt, constant. Je grösser also an einer beliebigen Stelle des Rohres die Geschwindigkeit U, desto kleiner ist die Pressung h. In engeren Theilen des Rohres ist aber die Geschwindigkeit grösser, daher der Druck kleiner, in weiteren umgekehrt. Wenn das Rohr sich in der Richtung der Luftströmung erweitert, setzt sich die Geschwindigkeit theilweise in Druck um; wenn es sich verengt, findet das Entgegengesetzte statt.

Die Geschwindigkeitshöhe $\mathfrak{h}$ ergibt sich nun, indem man mittelst des einen Manometers (Fig. 13) die effective Höhe H und mittelst des anderen (Fig. 12) die Pressungshöhe h abnimmt; es ist dann

$$\mathfrak{h} = H - h.$$

Jedoch muss bemerkt werden, dass diese Bestimmung keine verlässliche ist, weil das Manometer die Geschwindigkeitshöhe nicht sicher anzeigt; genauer erhält man $\mathfrak{h}$ durch Ermittlung der Luftmenge oder der Geschwindigkeit U mittelst Anemometer und Einführung des erhaltenen Werthes von U in (18).

Die Gleichung (15) ist für den Luftstrom, welcher sich regelmässig vor den Flügeln (Fig. 11) nach aussen bewegt, anwendbar, auch wenn an der Rückseite der Flügel, im Raume *cde*, in Folge der geringeren Pressung eine Wirbelbildung stattfindet, also der Luftstrom nicht den

ganzen Kanal erfüllt; es ist dann eben die Linie od als Kanalwand anzusehen.

Bewegung der Luft durch den Flügelraum des Ventilators. Es sei am inneren Umfange des Flügelrades, wo die Luft eintritt, die relative Geschwindigkeit $u = u_1$, die Peripheriegeschwindigkeit $v = v_1$ und die Pressung $p = p_1$; am äusseren Umfange, wo die Luft austritt, seien diese Grössen beziehungsweise gleich u_2, v_2 und p_2, so ergeben sich nach (15), da wegen der geringen bei Ventilatoren vorkommenden Spannungsunterschiede das specifische Gewicht δ der Luft als constant betrachtet werden darf, die Gleichungen

$$u_1^2 - v_1^2 + \frac{2\,g\,p_1}{\delta} = C,$$

$$u_2^2 - v_2^2 + \frac{2\,g\,p_2}{\delta} = C$$

und durch Subtraction folgt

$$(20) \quad . \; . \; . \quad u_1^2 - v_1^2 - (u_2^2 - v_2^2) + \frac{2\,g}{\delta}(p_1 - p_2) = 0.$$

Es ist vortheilhaft, wenn die Luft von den Flügeln ohne Stoss, d. h. ohne plötzliche Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung aufgenommen wird. Zu diesem Zwecke muss das innere Ende A (Fig. 52) des Flügels AB eine solche Neigung gegen den Halbmesser erhalten, dass, wenn man die radial gerichtete Eintrittsgeschwindigkeit U_1 in zwei Componenten zerlegt, deren eine mit der Umfangsgeschwindigkeit v_1 übereinstimmt, die zweite, d. i. die relative Geschwindigkeit u_1 nach der Tangente an das innerste Flügelstück gerichtet ist. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, ergibt sich

$$(21) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad u_1^2 - v_1^2 = U_1^2.$$

Die absolute Geschwindigkeit U_2 beim Austritt vom Rade kann in die äussere Umfangsgeschwindigkeit v_2 und die tangential zum Flügelende gerichtete relative Geschwindigkeit u_2 zerlegt werden, und wenn α_2 den Winkel des äussersten Flügelendes gegen den Halbmesser bedeutet, so erhält man

$$(22) \quad . \; . \; . \; . \quad U_2^2 = u_2^2 + v_2^2 - 2\,u_2\,v_2 \cos(90 - \alpha_2),$$

$$(23) \quad . \; . \; . \; . \quad u_2^2 - v_2^2 = U_2^2 - 2\,v_2^2 + 2\,u_2\,v_2 \sin\alpha_2.$$

Durch Einsetzung von (21) und (23) in (20) wird

$$(24) \quad . \quad U_1^2 - U_2^2 + 2\,v_2^2 - 2\,u_2\,v_2 \sin\alpha_2 + \frac{2\,g}{\delta}(p_1 - p_2) = 0.$$

Die Gleichung (16) für die Bewegung der Luft durch ein ruhendes Rohr ist auf das Saug- und Blaserohr S und B (Fig. 10 und 11) anwendbar. Beim Austritt vom Saugrohr, d. h. beim Eintritt in das

Flügelrad hat die Luft die Geschwindigkeit U_1 und die Spannung p_1; seien diese Grössen beim Eintritt in das Saugrohr gleich U_0 und p_0 so wird wegen (16)

$$(25) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad U_1^2 + \frac{2\,g\,p_1}{\delta} = U_0^2 + \frac{2\,g\,p_0}{\delta}.$$

Beim Austritt vom Flügelrade sind Geschwindigkeit und Pressung gleich U_2 und p_2, beim Austritt vom Blaserohr seien dieselben gleich U_3 und p_3, so hat man ebenso

$$U_2^2 + \frac{2\,g\,p_2}{\delta} = U_3^2 + \frac{2\,g\,p_3}{\delta}.$$

Wenn man nun obige Gleichungen subtrahirt, so folgt

$$U_1^2 - U_2^2 + \frac{2g}{\delta}(p_1 - p_2) = \frac{2g}{\delta}(p_0 - p_3) + U_0^2 - U_3^2,$$

welcher Werth, in (24) substituirt, nach Division mit 2 die Gleichung

$$(26) \quad . \; . \; v_2^2 - u_2\, v_2 \sin \alpha_2 - \frac{g}{\delta}(p_3 - p_0) - \frac{U_3^2 - U_0^2}{2} = 0$$

ergibt.

Bei saugenden Ventilatoren ist, da hier eine der Spannung p_0 im Saugraum entsprechende Depression h herrscht, nach (1)

$$p_0 = (b - h)\,\gamma$$

und da p_3 gleich der atmosphärischen Spannung oder

$$p_3 = b\,\gamma$$

ist, so folgt

$$p_3 - p_0 = h\,\gamma;$$

bei blasenden Ventilatoren dagegen ist, wenn hier h die erzeugte Pressung bedeutet,

$$p_3 = (b + h)\,\gamma,$$
$$p_0 = b\,\gamma,$$
$$p_3 - p_0 = h\,\gamma.$$

In beiden Fällen ergibt sich also der gleiche Ausdruck, und nimmt man $\delta = 1{\cdot}25$ kg, und als manometrische Flüssigkeit Wasser, daher $\gamma = 1000$, so wird

$$\frac{g}{\delta}(p_3 - p_0) = 800\,g\,h = 7850\,h.$$

Wenn ferner Saug- und Blaserohr genügend weit, daher die Geschwindigkeiten U_3 und U_0 klein sind, kann man dieselben vernachlässigen und erhält somit aus (26)

$$(27) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad v_2^2 - u_2\, v_2 \sin \alpha_2 - 7850\, h = 0.$$

Umfangsgeschwindigkeit. Aus Gleichung (27) folgt die Umfangsgeschwindigkeit des Flügelrades

$$(28) \quad \ldots \quad v_2 = \frac{u_2 \sin \alpha_2}{2} + \sqrt{\frac{u_2^2 \sin \alpha_2^2}{4} + 7850\, h}.$$

Dieser Werth ist wegen der bei seiner Ableitung gemachten Voraussetzungen blos ein theoretischer und gilt nur bei Wegfallen sämmtlicher Bewegungshindernisse. Wegen der letzteren ist eine Vergrösserung von v_2 nothwendig, so dass man

$$(29) \quad \ldots \quad v_2 = m\left(\frac{u_2 \sin \alpha_2}{2} + \sqrt{\frac{u_2^2 \sin \alpha_2^2}{4} + 7850\, h}\right)$$

zu setzen hat, wobei m einen Zahlen-Coëfficienten bedeutet, der grösser als 1 ist. Aus diesem Grunde wird auch bei gegebener Umfangsgeschwindigkeit v_2 nicht die aus (28), sondern nur die aus (29) resultirende Depression h erreicht, welche sich für $\alpha_2 = 0$ durch Division der ersteren mit m^2 ergibt.

Winkel des äussersten Flügelelementes gegen den Halbmesser. Es ist vortheilhaft, wenn die Geschwindigkeit v_2 möglichst klein wird, weil sonst entweder der Durchmesser oder die Umgangszahl des Rades gross angenommen werden muss. Es soll daher $u_2 \sin \alpha_2$ klein sein. Diese Grösse ist in Fig. 52 durch die Länge CD dargestellt, und man sieht, dass unter sonst gleichen Umständen CD um so kleiner wird, je mehr der Punkt C sich der radialen Linie BD nähert, je kleiner also der Winkel α_2 wird. Es kann diese Grösse selbst negativ werden, wenn C über D hinausgerückt wird, wobei $\sin \alpha_2$ negativ einzusetzen ist; die Flügel erhalten dabei die Form $A'F'B$ und heissen vorwärts gekrümmte, bei der Form AFB dagegen zurückgekrümmte Flügel.

Meistens lässt man die Flügel radial auslaufen, welcher Fall daher hier zuerst berücksichtigt ist, während die anderen später besprochen werden.

Tourenzahl und äusserer Halbmesser. Bei radial auslaufenden Flügeln ist $\alpha_2 = 0$ und wird daher nach (29)

$$(30) \quad \ldots \quad v_2 = m\sqrt{7850\, h}.$$

Bezeichnet n die Umgangszahl und R_2 den äusseren Halbmesser des Rades, so ergibt sich

$$n = \frac{60\, v_2}{2\, R_2\, \pi} = \frac{60\, m}{2\, R_2\, \pi}\sqrt{7850\, h},$$

$$(31) \quad \ldots \quad n = 845\, m \frac{\sqrt{h}}{R_2}.$$

Der Werth von m ist nach der Construction des Ventilators ver-

schieden. Für die angenommenen radial auslaufenden Flügel und bei genügend erweitertem Auslauf kann man zur Berechnung der Dimensionen des Ventilators

$$m = 1{\cdot}25$$

setzen. Bei weiten Gruben ist dieser Coëfficient etwas grösser, bei engen kleiner zu nehmen; bei ersteren strömt nämlich die Luft aus dem Saugrohre leichter nach und erhöht dadurch die Spannung oder vermindert die Depression; wirkt der Ventilator blasend, so ist die Abströmung von demselben erleichtert, daher die erzeugte Spannung kleiner wird. Bei engen Gruben erfolgt das Entgegengesetzte. Bei kleinen Handventilatoren ist m grösser, etwa

$$m = 1{\cdot}4 \text{ bis } 1{\cdot}5$$

zu nehmen. Die Werthe von m sind übrigens später für die einzelnen Ventilatoren bei Beschreibung derselben angegeben.

In der Gleichung (31) erscheint noch der äussere Halbmesser R_2, und es müssen die Grössen R_2 und n derart angenommen werden, dass sie dieser Gleichung Genüge leisten. Bei grosser Tourenzahl n geräth das Rad in starke Vibration und leidet mehr, die Lager reiben sich bald aus, der Schmierverbrauch ist gross und es ist eine complicirtere Transmission von der Betriebsmaschine nothwendig, welche den Effect herabsetzt, die Anlagekosten erhöht und zu Störungen Anlass gibt. Bei grossem Durchmesser erhöhen wieder die grösseren Dimensionen beträchtlich die Kosten, der luftdichte Anschluss des Rades an das Gehäuse ist schwieriger herzustellen, die von der Achsenreibung consumirte Arbeit wird wegen des grösseren Radgewichtes und Zapfendurchmessers bedeutender, wenn auch die Tourenzahl kleiner ist. Der Betrieb ist jedoch bei grossen langsam umlaufenden Ventilatoren entschieden mehr gesichert, als bei kleinen sehr rasch arbeitenden.

Bei der Wahl von R_2 ist insbesondere der unten berechnete innere Halbmesser R_1 zu berücksichtigen; es soll R_2 entsprechend grösser als R_1 sein, damit die Spannungs- und Richtungsänderung der Luft nicht auf einem zu kleinen Wege eintreten muss, sondern mehr allmälig erfolgt. Da bei grösserer Luftmenge R_1 zunimmt, ist dabei auch ein grösserer äusserer Halbmesser nothwendig.

Ursprünglich erhielten die Ventilatoren kleine Durchmesser und grosse Tourenzahlen. Von Guibal wurden sodann die grossen Ventilatoren eingeführt, welche so wenig Umdrehungen verrichten, dass sie von einer Dampfmaschine ohne Umsetzung betrieben werden können; die Tourenzahl derselben ist ungefähr 60, der Durchmesser beträgt 7 bis 12 m, er steigt aber auch bis 15 m.

Diesem Extrem folgten endlich die gegenwärtig viel hergestellten

Ventilatoren mit mittleren Tourenzahlen und Durchmessern. Erstere betragen 180 bis 250, die Umsetzung ist eine 3- bis 4fache, der Durchmesser je nach der zu erzeugenden Depression 3 bis 6 Meter.

Man empfiehlt insbesondere[1]) für weite Gruben, wo die Luftmenge gross und die Depression klein ist, grosse und für enge Gruben kleinere, rascher laufende Ventilatoren. Bei starken Depressionen, welche 0·10 bis 0·12 m übersteigen, wird man bei Ventilatoren ohne Umsetzung schon auf unpraktisch grosse Durchmesser geführt, und wenn nebstdem die Luftmenge klein ist, wird der Ventilator schmal, also das Dimensionenverhältniss ein ungünstiges, die Reibung der Luft eine bedeutende. Es ist dann jedenfalls eine Umsetzung am Platze. Die letztere kann auch nach Bedarf umgeändert und dem Betrieb entsprechend angepasst werden.

Ferner werden Ventilatoren ohne Umsetzung wegen ihrer grösseren Sicherheit für lang dauernde, solche mit Umsetzung mehr für vorübergehende Benutzung empfohlen.[2])

Durchmesser der Eintrittsöffnung und Breite des Flügelrades. Ist U_1 (Fig. 10) die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in das Rad einströmt, R_0 der Halbmesser des kreisförmigen Saugkanal-Querschnittes, M die in der Secunde anzusaugende Luftmenge, so wird

$$(32) \quad \ldots \ldots \quad M = R_0^2 \pi U_1,$$

$$(33) \quad \ldots \ldots \quad R_0 = 0{\cdot}564 \sqrt{\frac{M}{U_1}}.$$

Bei grosser Luftmenge ergibt sich R_0 gross, und ist R_2 klein, so wird die radiale Dimension des Flügelraumes klein, die Geschwindigkeits- und Richtungsänderung der Luft muss auf einem zu kurzen Wege stattfinden (s. oben). Man bringt dann zwei Saugöffnungen an, welche sich an beiden Seiten des Rades befinden. In (33) ist dabei für M nur die Hälfte der zu liefernden Luftmenge einzusetzen.

Die Luft strömt ferner nach allen radialen Richtungen in den Flügelraum und die Querschnitte aller dieser Luftstrahlen bilden zusammen eine Cylinderfläche. Ist R_1 der innere Halbmesser und b_1 die lichte Breite des Rades an der Innenseite des Flügelraumes, so wird jene Fläche gleich $2 R_1 \pi b_1$. Soll nun die Luft aus dem Saugrohr in das Rad ohne plötzliche Aenderung der Geschwindigkeit übergehen, so muss

$$(34) \quad \ldots \ldots \quad 2 R_1 \pi b_1 U_1 = M,$$

$$(35) \quad \ldots \ldots \quad b_1 = \frac{M}{2 R_1 \pi U_1} = 0{\cdot}16 \frac{M}{R_1 U_1}$$

---

1) Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 2. Hälfte, S. 188.

2) Otto, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 161.

sein. Ist der innere Halbmesser R_1, wie in Fig. 10, gleich R_0, so ergibt die Combination der Gleichungen (32) und (34) $b_1 = 0{\cdot}5\, R_1$ für eine und $b_1 = R_1$ für zwei Saugöffnungen, da im letzteren Falle in (32) statt M nur $^1/_2\, M$ zu setzen ist.

Wenn aber $R_1 = R_0$ ist, so entsteht durch die rechtwinklige Ablenkung des Luftstromes nächst der Kante aa (Fig. 10) des Gehäuses eine starke Contraction des Querschnittes. Man vergrössert daher die Breite b_1 über den theoretischen Werth und nimmt

$$(36) \quad \ldots \quad \begin{cases} b_1 = 0{\cdot}5\, R \text{ bis } 0{\cdot}8\, R_1 \text{ für eine und} \\ b_1 = R_1 \text{ bis } 1{\cdot}6\, R_1 \text{ für zwei Saugöffnungen.} \end{cases}$$

Um die plötzliche Richtungsänderung überhaupt zu vermeiden, ist es zweckmässig, nach Fig. 46 den inneren Halbmesser R_1 grösser als R_0 zu machen und die Kante a entsprechend abzurunden, wodurch eine allmälige Ablenkung erzielt ist; selbst dann wird mitunter der Werth b_1 noch über den theoretischen (35) erhöht. Man kann also dann wegen (35) setzen

$$(37) \quad \ldots\ldots \quad b_1 = 0{\cdot}16 \frac{M}{R_1\, U_1} \text{ bis } 0{\cdot}20 \frac{M}{R_1\, U_1}.$$

Nur soll, wie früher bemerkt, die radiale Dimension $R_2 - R_1$ des Flügelraumes nicht zu klein werden.

Zur Berechnung von b_1 und R_1 muss die Eintrittsgeschwindigkeit U_1 der Luft angenommen werden, und es ist diese Grösse insofern von Wichtigkeit, als mit U_1 die aus der Bewegung der Luft entspringenden Nebenhindernisse wachsen, während bei kleinem U_1 das Rad grössere Dimensionen erhält, die Zapfenreibung zunimmt und daher wieder aus anderem Grunde der Wirkungsgrad sinkt (vergl S. 14). Man findet U_1 gleich 6 bis 10, gewöhnlich gleich 7 oder 8 Meter gewählt.[1])

Die äussere Breite wird öfters kleiner als die innere genommen, daher der Flügelraum gegen aussen verengt, welcher Fall später abgesondert besprochen ist.

Winkel des innersten Flügelelementes gegen den Halbmesser. Nach S. 19 ist U_1 die Resultirende von u_1 und v_1, wie auch Fig. 52 andeutet. Somit ergibt sich der Winkel α_1 des innersten Flügelendes gegen den Halbmesser

$$\tang \alpha_1 = \frac{v_1}{U_1},$$

oder, da

$$v_1 = \frac{n \,.\, 2\, R_1 \pi}{60} = 0{\cdot}105\, n\, R_1 \text{ ist,}$$

1) Nach Vandenpeereboom soll diese Geschwindigkeit nur gleich 5 m genommen werden. Note sur les ventilateurs etc., Louvain 1878.

$$(38) \quad \ldots\ldots\ldots \quad tang\, \alpha_1 = 0{\cdot}105\, \frac{n R_1}{U_1},$$

worin für n, R_1 und U_1 die bereits angenommenen Werthe einzuführen sind.

Auch aus dieser Formel folgt, dass eine richtige Annahme von U_1 wünschenswerth ist; denn wenn sich im Betriebe bei der Tourenzahl n diese Geschwindigkeit und mithin die erforderliche Luftmenge nicht ergibt, muss die Tourenzahl n geändert werden, um den richtigen Werth U_1 zu erhalten. Dann entspricht aber der Winkel α_1 nicht mehr der Gleichung (38) und der Eintritt der Luft erfolgt mit einem Stosse.

Devillez[1]) ist der Ansicht, dass der Stoss radialer Flügel gegen die Luft als elastischen Körper nur sehr wenig von der Leistung absorbire und dass daher die Neigung der inneren Flügelenden nach rückwärts nicht nothwendig sei; auch von Anderen wird auf Einhaltung des theoretischen Werthes von α_1 mitunter wenig Gewicht gelegt. Wenn α_1 und die Zahl der Flügel gross ist, so werden die Eintrittskanäle zwischen den letzteren sehr eng, und dann mag es vortheilhaft sein, die grosse Reibung der Luft durch Verminderung von α_1 herabzusetzen und dafür einen gewissen Stoss beim Eintritte der Luft hinzunehmen. Rittinger[2]) fand dagegen bei ebenen, radialen Flügeln den Wirkungsgrad bedeutend kleiner als bei zurückgeneigten inneren Flügelenden.

Flügelzahl. Wenn die Luft gut geleitet, also Wirbelbildung vermieden werden soll, so ist es vortheilhaft, die Flügel in geringem Abstande, daher in grösserer Zahl anzubringen. Andererseits wächst dadurch der Reibungswiderstand der Luft und wird das Rad schwerer.

Rittinger gibt, gestützt auf Versuche von Dollfus, für die Flügelzahl z die Vorschrift

$$z = 30\, R_2,$$

wobei der Abstand zwischen je zwei äusseren Flügelenden, längs des Radumfanges gemessen, 0·21 m beträgt. Es wäre jedoch nicht vortheilhaft, diese Regel stets anzuwenden. Dieselbe passt erstlich nur für Raddurchmesser bis zu zwei oder drei Metern, indem sich für grössere zu viele Flügel ergeben. Ist ferner der Winkel α_1 gross, also das innere Flügelende nahe tangential, so werden die Radkanäle an der Eintrittsseite für die Luft zu eng, daher man z kleiner anzunehmen hat. Ein anderes zweckmässiges Mittel, um weitere Eintrittskanäle zu erhalten, welches übrigens auch schon Rittinger angewendet hat, besteht darin, dass man die abwechselnden Flügel vom äusseren nur ungefähr bis zum mittleren

---

1) Ventilation des mines, p. 185.

2) Theorie der Ventilatoren, S. 214.

Umfange erstreckt, wodurch die Zahl der inneren Flügelenden auf die Hälfte reducirt wird.

Endlich scheint es angemessen, bei geringer radialer Dimension $R_2 - R_1$ des Rades mehr Flügel zu nehmen; der Abstand der äusseren Flügelenden sollte jedenfalls kleiner sein, als obige Dimension, damit die Kanäle im Verhältnisse zu ihrer Länge nicht zu weit ausfallen, wobei die Bewegung der Luft durch das Rad unregelmässiger werden muss.

Bei Geisler's Ventilator ist die Flügelzahl gleich $30\,R_2$, wie beim Rittinger'schen; beim Winter'schen $15\,R_2$, beim Ser'schen dagegen $45\,R_2$. Die grösste absolute Flügelzahl enthält der Colson'sche Ventilator, bei welchem

$$R_2 = 4{\cdot}5,\ n = 192,\ \text{daher}\ z = 42{\cdot}7\ R_2\ \text{ist.}$$

Die Ventilatoren von Kley, Harzé, Guibal dagegen besitzen weit weniger Flügel, welche aber hier genügen, weil bei Kley's Ventilator die Luft schon vor dem Eintritte in das Rad eine drehende Bewegung besitzt und diese durch die Flügel nur verstärkt wird, beim Guibal'schen der Radumfang durch das Gehäuse und beim Harzé'schen durch die Leitschaufeln grossentheils abgeschlossen und dadurch die Wirbelbildung verhütet ist. Es scheint jedoch nicht richtig, wenn man, wie bei den Dinnendahl'schen Ventilatoren, die Guibal'sche kleine Flügelzahl beibehält und doch ein spiralförmig erweitertes Gehäuse anwendet, welches Wirbelbildung zulässt.

Im Uebrigen ist indessen die Flügelzahl nicht von grossem Einflusse auf den Effect und daher ein grösserer Spielraum bezüglich der Wahl derselben wohl gestattet.

Verzeichnung der Flügel. Die Flügel können nach einem Kreisbogen gekrümmt und deren Verzeichnung in folgender Art ausgeführt werden. Sei nach Fig. 47 B der Krümmungsmittelpunkt und ϱ der Halbmesser der Flügelcurve, deren Tangenten aussen den Winkel α_2, innen den Winkel α_1 gegen den Halbmesser einschliessen. Verbindet man den Radmittelpunkt A mit B, so ergibt sich aus den Dreiecken ADB und ACB

$$\overline{AB}^2 = \varrho^2 + R_1^2 - 2\,\varrho\,R_1 \cos(90 + \alpha_1),$$

$$\overline{AB}^2 = \varrho^2 + R_2^2 - 2\,\varrho\,R_2 \cos(90 + \alpha_2),$$

$$R_1^2 + 2\,\varrho\,R_1 \sin\alpha_1 = R_2^2 + 2\,\varrho\,R_2 \sin\alpha_2,$$

$$(39) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \varrho = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2\,(R_1 \sin\alpha_1 - R_2 \sin\alpha_2)}.$$

Für radial auslaufende Flügel wird $\alpha_2 = 0$, daher

$$(40) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \varrho = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2\,R_1 \sin\alpha_1}.$$

Um die Flügel zu zeichnen, zieht man einen beliebigen Halbmesser AC, dann durch C eine Linie, welche mit AC den Winkel $90 + \alpha_2$ einschliesst (bei radial auslaufenden Flügeln wird diese Linie senkrecht zu AC), trägt den entsprechenden Werth $\varrho = CB$ auf und erhält dadurch den Mittelpunkt B, aus welchem der Kreisbogen CD beschrieben wird. Zieht man aus dem Mittelpunkt A durch B einen Kreis und theilt denselben in so viel Theile, als das Rad Flügel erhalten soll, so ergeben sich dadurch sämmtliche Krümmungsmittelpunkte derselben.

Gehäuse. Da die Luft am ganzen Umfange des Rades mit einer Geschwindigkeit U_2 austritt, muss das Gehäuse, von einem Punkte A (Fig. 11) angefangen, sich allmälig erweitern, so dass die radiale Weite BC dem Bogen AB proportional ist. Die Gehäusewand wäre daher nach einer archimedischen Spirale zu krümmen, welche jedoch annähernd durch 4 oder 6 Kreisbögen ersetzt wird. Um dieselbe zu verzeichnen, muss erst die radiale Weite s des Blaserohres an dessen Anfang ermittelt werden. Unter der Annahme, dass die absolute Geschwindigkeit U_2, mit welcher die Luft das Rad verlässt, auch an der Basis des Blaserohres vorhanden sein solle, kann das Luftvolum M ausgedrückt werden:

$$M = b_2\, s\, U_2,$$

worin b_2 die äussere Breite des Rades bedeutet, und hieraus folgt

$$(41) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad s = \frac{M}{b_2\, U_2}.$$

Nach Gleichung (22) ist

$$(42) \quad \ldots\ldots \quad U_2^{\,2} = u_2^{\,2} + v_2^{\,2} - 2\, u_2\, v_2 \sin \alpha_2.$$

Die hierin vorkommenden Grössen wurden bereits bestimmt, mit Ausnahme der relativen Austrittsgeschwindigkeit u_2. Bezüglich derselben soll vorausgesetzt werden, dass die Luft an allen Punkten des Umfanges mit gleicher Geschwindigkeit austritt. Da sich hinter den Flügeln Wirbel bilden, ist diese Annahme nicht zutreffend; wenn man indessen bei Berechnung von s für U_2 einen beliebigen (selbstverständlich nicht extremen) Werth annimmt, stellt sich im untersten Schlotquerschnitte, den der Luftstrom ganz erfüllt, stets dieser angenommene Werth von U_2 ein und ist die Folge nur, dass die beim Austritte vom Ventilator vorhandene Geschwindigkeit innerhalb des Auslaufraumes allmälig in U_2 übergeht, daher obige Annahme gestattet ist.

Die Luftmenge, welche an einem sehr kleinen Theile BN (Fig. 52) des Umfanges abströmt, ist gleich

$$\overline{BG}\,.\, b_2\, u_2 = \overline{BN}\, b_2\, u_2 \cos \alpha_2,$$

wobei BG senkrecht auf der Richtung des äussersten Flügelelementes steht. Die am ganzen Umfange abströmende Menge M ergibt sich daher,

indem man den Radumfang $2 R_2 \pi$ statt der Länge $B N$ einsetzt,

$$M = 2 R_2 \pi b_2 u_2 \cos \alpha_2,$$

und ebenso findet man für den inneren Umfang

$$M = 2 R_1 \pi b_1 u_1 \cos \alpha_1, = 2 R_1 \pi b_1 U_1,$$

daher folgt

$$R_2 b_2 u_2 \cos \alpha_2 = R_1 b_1 U_1,$$

$$(43) \quad \ldots \ldots \quad u_2 = \frac{R_1}{R_2} \frac{b_1}{b_2} \frac{U_1}{\cos \alpha_2}.$$

Dieser und der Werth (29) von v_2 geben, in (42) substituirt, den Werth von U_2, und sonach kann s aus (41) berechnet werden.

Für radial auslaufende Flügel wird $\alpha_2 = 0$,

$$u_2 = \frac{R_1}{R_2} \frac{b_1}{b_2} U_1$$

und für v_2 gilt der Ausdruck (30); setzt man diese Werthe von α_2, u_2 und v_2 in (42) ein, so ergibt sich

$$(44) \quad \ldots \quad U_2 = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2} \frac{b_1}{b_2} U_1\right)^2 + 7850 \, m^2 h}.$$

Bei constanter Radbreite ist hierin noch $b_1 = b_2$ zu setzen.

Um die Geschwindigkeit U_2 schon innerhalb des Auslaufraumes herabzusetzen, kann man s auch grösser als nach (41) nehmen, doch scheint es nicht räthlich, damit weit zu gehen, weil sonst eine unregelmässige Bewegung der Luft im Auslaufraume zu besorgen ist.

Wenn s gegen b_2 gross ist, erhält der Querschnitt des Auslaufraumes die Form eines langen schmalen Rechteckes, daher der Verlust durch Reibung der Luft grösser wird. Bei einigen Ventilatoren ist daher das Gehäuse nach Aussen hin erweitert, wobei dessen Profil P statt der in Fig. 10 gezeichneten die Form Fig. 50 oder Fig. 51 erhält. Der Auslaufraum ist dann nächst dem Ventilator durch Rotationsflächen begrenzt, welche durch Drehung der Linien ab um die Ventilatorachse entstehen, und im äusseren Theile durch ebene Flächen, deren radiale Dimension bis zur Blaseöffnung zunimmt. Die radiale Weite kann dabei durchaus so weit vermindert werden, dass die Querschnittsfläche die gleiche bleibt, wie in Fig. 10; doch ist auch wieder eine Vergrösserung des theoretischen Querschnittes gestattet.

Die Verzeichnung der gekrümmten Wand des Auslaufraumes erfolgt annähernd mittelst Kreisbögen in folgender Art: Man construirt nach Fig. 40 über dem Radmittelpunkte ein Quadrat $bcde$, dessen Seiten die Länge $0{\cdot}25\,s$ erhalten, verlängert die 4 Seiten und beschreibt der Reihe nach aus den Mittelpunkten b, c, d und e die Kreisbögen BC, CD, DE und EA. Der anfängliche Halbmesser bB wird dabei nach jedem Viertel-

kreise um die Seite $0{\cdot}25\,s$ des Quadrates grösser, so dass der schliessliche Halbmesser

$$eE = eA = eB + s,$$

somit $BA = s$ wird.

Bei grossem Durchmesser wird die Begrenzung nach Fig. 41 auch aus 6 Kreisbögen gebildet, indem man ein Sechseck mit der Seitenlänge $^1/_6\,s$ verzeichnet und aus den Mittelpunkten b, c, d u. s. w. der Reihe nach die Bögen BC, CD, DE u. s. w. beschreibt.

Blaserohr. Bei blasenden Ventilatoren dient das Blaserohr B (Fig. 11) zur Fortleitung der vom Ventilator abströmenden Luft in die Grube, bei saugenden führt dasselbe den Namen Schlot und erhöht den Wirkungsgrad. Die Luft hat beim Austritte vom Rade die Geschwindigkeit U_2, und die entsprechende lebendige Kraft oder Arbeitsgrösse geht bei directer Abströmung ins Freie verloren. Durch einen erweiterten Schlot kann nun die Geschwindigkeit U_2 auf einen beliebig kleinen Werth U_3 vermindert, daher auch der Effectverlust entsprechend reducirt werden.

Die Steigerung des Effectes durch den Schlot ist auch aus folgender Betrachtung ersichtlich. Wenn der Ventilator die Luft ins Freie ausbläst, muss er derselben eine Geschwindigkeit U_2 ertheilen und ihre Spannung bis auf die atmosphärische p_3 erhöhen, so dass die Austrittsspannung $p_2 = p_3$ wird. Ist dagegen ein Schlot (Fig. 11) vorhanden, so herrscht an dessen Mündung die atmosphärische Spannung p_3 und die Luft besitzt dort die Geschwindigkeit U_3, welche kleiner ist als die am unteren Ende des Schlotes vorhandene U_2. Nach dem allgemeinen Gesetze über die Bewegung der Luft durch ein Rohr oder überhaupt durch einen geschlossenen Raum ändern sich aber Pressung und Geschwindigkeit in umgekehrter Art; ist $U_2 > U_3$, so wird $p_2 < p_3$. Der Ventilator hat also die Spannung der Luft weniger zu erhöhen und erfordert mithin bei gleicher reiner Leistung eine geringere Betriebskraft.

Die Construction des Schlotes hängt davon ab, welchen Effectverlust durch die abströmende Luft man zulassen will. Dieser Verlust ist gleich

$$M\delta\,\frac{U_3^2}{2g},$$

wobei $\delta = 1{\cdot}25$ das specifische Gewicht der Luft bedeutet. Da der reine Effect nach (8) gleich $Mh\gamma$ ist, so gibt der Quotient

$$(45) \quad . \; . \; . \quad e = M\delta\,\frac{U_3^2}{2g}\,\frac{1}{Mh\gamma} = \frac{\delta}{2g\gamma}\,\frac{U_3^2}{h} = \frac{U_3^2}{15700\,h}$$

das Verhältniss des Verlustes zur reinen Leistung an. Unter Umständen kann e einen beträchtlichen Werth erreichen; für $h = 0{\cdot}1$ m Wasser

und $U_3 = 20$ m würde $e = 0{\cdot}23$ oder der Verlust gleich 23 Procent der reinen Leistung.

Nimmt man e an, so ergibt (45) den Werth U_3

$$U_3 = \sqrt{15700\, e h} = 125 \sqrt{e h},$$

und sonach wird der Querschnitt q_3 der Schlotmündung

$$q_3 = \frac{M}{U_3} = \frac{M}{125 \sqrt{e h}} \quad \text{(46)}$$

Der Querschnitt wird rechteckig geformt, die Breite constant gleich der des Auslaufraumes genommen oder nach oben vergrössert.

Die Höhe des Schlotes betreffend, soll dieselbe so gross sein, dass die Aenderung des Querschnittes, mithin die Umsetzung der Geschwindigkeit in Druck allmälig erfolge, sowie dass der Luftstrom den Querschnitt ganz erfülle und nicht todte Räume entstehen. Je langsamer aber der Querschnitt nach oben zunehmen soll, desto höher und kostspieliger wird der Schlot und desto mehr Reibung erfährt die Luft darin. Oefters erhält derselbe nicht eine gleichförmige, sondern eine zunehmende Erweiterung gegen oben.

Es ist nämlich rationell, dem Schlot ein derartiges Profil zu geben, dass die Abnahme der Geschwindigkeit der Luft proportional der Höhe stattfindet. Ist also (Fig. 11) L die ganze Höhe des Schlotes, q_3 dessen Querschnitt am oberen und $q_2 = b_2\, s$ am unteren Ende, q der Querschnitt in beliebiger Höhe l, und sind ferner U_3, U_2 und U die Geschwindigkeiten an diesen drei Stellen, so soll

$$\frac{U_2 - U}{U_2 - U_3} = \frac{l}{L},$$

$$U_2 - U = \frac{l}{L}(U_2 - U_3)$$

sein. Da sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Querschnitte verhalten, kann man statt der ersteren die reciproken Werthe der letzteren setzen und erhält

$$\frac{1}{q_2} - \frac{1}{q} = \frac{l}{L}\left(\frac{1}{q_2} - \frac{1}{q_3}\right),$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_2} - \frac{l}{L}\,\frac{q_3 - q_2}{q_3\, q_2},$$

$$q = \frac{q_2}{1 - \frac{q_3 - q_2}{q_3}\,\frac{l}{L}}. \quad \text{(47)}$$

Eine andere Annahme ist die, dass sich die lebendige Kraft umgekehrt proportional der Höhe ändern solle. Die lebendigen Kräfte sind den Quadraten der Geschwindigkeit proportional, daher dann in obigen

Ausdrücken statt der einfachen Querschnitte deren Quadrate zu setzen kommen, wodurch sich ergibt

$$(48) \quad q = \frac{q_2}{\sqrt{1 - \frac{q_3^2 - q_2^2}{q_3^2} \frac{l}{L}}} .$$

Aus (47) oder (48) kann man die für $l = 2, 4, 6$ m sich ergebenden Werthe von q berechnen und der einfacheren Ausführung wegen die Profile zwischen diesen Querschnitten durch gerade Linien begrenzen. Man wird indessen die so erhaltene Form nur dann beibehalten, wenn die Richtung dieser Begrenzungslinien sich merklich ändert.

Der Vortheil des erweiterten Schlotes ist auch durch Versuche constatirt, indem nach Murgue[1]) einige Ventilatoren, meist von Guibal'scher Construction, im Mittel folgende manometrische Wirkungsgrade ergeben:

ohne Schlot	0·56
mit prismatischem Schlot . . .	0·60
mit erweitertem Schlot . . .	0·65.

Auch Mayer's Versuche[2]) in Ostrau bestätigen diesen Vortheil.

Ein prismatischer, d. h. ein Schlot mit constantem Querschnitte kann nur dadurch von Nutzen sein, dass die Wirbelbildung hinter den Flügeln dabei besser vermieden wird, als bei ganz fehlendem Schlot.

Betriebskraft. Die reine Leistung E ist nach Formel (9) wegen $\gamma = 1000$

$$(49) \quad E = 1000\, Mh \text{ Kilogramm-Meter,}$$

wobei M die in der Secunde gelieferte Luftmenge in Cubikmetern und h die Depression in Metern Wasser bedeutet. Wird E durch den Wirkungsgrad dividirt, so ergibt sich die erforderliche Betriebskraft.

Der Wirkungsgrad ist ausserordentlich verschieden, erstlich je nach der Construction des Ventilators und dann je nach den Verhältnissen der Grube, auf welcher derselbe aufgestellt ist. Bei gut construirten Ventilatoren mit grösseren Dimensionen — welche der gleichwerthigen Oeffnung der Grube entsprechen — werden 0·5 bis 0·6 und mehr erreicht, während im gegentheiligen Fall diese Ziffer auf weniger als 0·1 sinkt. Im Folgenden sind bei den einzelnen Ventilatoren deren Wirkungsgrade, soviel darüber ermittelt werden konnte, angeführt.

---

1) Ueber Grubenventilatoren, deutsch von v. Hauer, S. 52 u. f.

2) Wettermessungen etc., Oest. Zeitschrift 1882, S. 190. S. auch Otto, Preuss. Zeitschrift 1884, 32. Bd., S. 161.

Formeln zur Berechnung. In den zur Berechnung eines Ventilators mit radial auslaufenden Flügeln und constanter Breite anzuwendenden Formeln erscheinen folgende Grössen:

M die Luftmenge pro Secunde in m^3;
h die Pressung oder Depression in m Wasser;
n die Tourenzahl in 1 Minute;
m das Verhältniss der wirklichen zur theoretischen Tourenzahl;
U_1 die Eintrittsgeschwindigkeit der Luft;
U_2 deren Austrittsgeschwindigkeit vom Rade;
U_3 die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft den Schlot verlässt;
R_0 der Halbmesser des Saugkanals;
R_1 der innere und
R_2 der äussere Radhalbmesser;
b_1 die Radbreite;
α_1 der Winkel des innersten Flügelendes gegen den Halbmesser;
ϱ der Krümmungshalbmesser der Flügel;
s die grösste radiale Weite des Auslaufraumes;
q_3 der Querschnitt der Schlotmündung;
e das Verhältniss des Effectverlustes durch die ausströmende Luft zu E;
E die reine Leistung in Meterkilogramm.

In den nachstehenden Formeln ist der Meter die Längeneinheit. In (41) und (44) wurde wegen constanter Breite $b_1 = b_2$ eingesetzt.

(33) . . . . $R_0 = 0{\cdot}564 \sqrt{\frac{M}{U_1}}$;

(31) . . . . $n = 845\, m \frac{\sqrt{h}}{R_2}$;

(37) . . . . . $b_1 = 0{\cdot}16 \frac{M}{R_1\, U_1}$ bis $0{\cdot}20 \frac{M}{R_1\, U_1}$;

für $R_1 = R_0$ wird

(36) . . $\begin{cases} b_1 = 0{\cdot}5\, R_1 \text{ bis } 0{\cdot}8\, R_1 \text{ für eine und} \\ b_1 = R_1 \text{ bis } 1{\cdot}6\, R_1 \text{ für zwei Saugöffnungen;} \end{cases}$

(38) . . . . $\operatorname{tang} \alpha_1 = 0{\cdot}105 \frac{n\, R_1}{U_1}$;

(40) . . . . $\varrho = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2\, R_1 \sin \alpha_1}$;

(44) . . . . . . $U_2 = \sqrt{\frac{R_1^2}{R_2^2} U_1^2 + 7850\, m^2\, h}$;

(41) . . . . $s = \frac{M}{b_1\, U_2}$;

(46) . . . . $q_3 = \frac{M}{125\sqrt{eh}} = \frac{M}{U_3}$;

(49) . . . . $E = 1000\,Mh$.

Luftmenge M und Depression h müssen gegeben sein. Man wählt U_1 nach S. 24 und berechnet R_0, wobei für eine doppelte Saugöffnung 0·5 M statt M einzusetzen ist; R_1 wird gleich R_0 oder grösser gesetzt. Hierauf nimmt man nach S. 22 den Coëfficienten m und den äusseren Halbmesser R_2 an und ermittelt n; sonach ergeben sich b_1, $tang\,\alpha_1$, ϱ, U_2 und s. Setzt man ferner den zulässigen Effectverlust e fest, so folgt q_3 aus (46); die Geschwindigkeit U_3 selbst kann dann auch aus (46) berechnet werden. Endlich erhält man aus (49) E und durch Division mit dem Wirkungsgrad die erforderliche Betriebskraft.

Die Verzeichnung der Flügel erfolgt nach S. 26, die des Auslaufes nach S. 28, endlich nach Wahl der Höhe L des Schlotes die eventuelle Berechnung von dessen Profil nach S. 30 mit Hülfe der Gleichung (47) oder (48).

Beispiele. 1) Es sei eine Luftmenge $M = 50\ m^3$ in der Secunde bei einer Depression $h = 0{\cdot}15$ m Wasser fortzuschaffen. Der Ventilator soll die Luft durch 2 Oeffnungen mit der Geschwindigkeit $U_1 = 8$ m ansaugen, so wird nach (33)

$$R_0 = 0{\cdot}564 \sqrt{\frac{25}{8}} = 1\ \text{m}.$$

Um eine plötzliche Richtungsänderung der Luft zu vermeiden, soll nach Fig. 46 $R_1 > R_0$, etwa

$$R_1 = 1{\cdot}15\ \text{m}$$

gewählt werden. Nimmt man

$$m = 1{\cdot}25$$

an, so folgt aus (31)

$$n = 845\,.\,1{\cdot}25\,\frac{\sqrt{0{\cdot}15}}{R_2} = \frac{409}{R_2},\ R_2 = \frac{409}{n}.$$

Damit der Halbmesser R_2 nicht zu gross werde, soll der Ventilator mit Umsetzung arbeiten, daher eine grössere Tourenzahl zulässig ist.

Für . . . . $n =$ 180 210 240
wird . . . . $R_2 =$ 2·272 1·948 1·704 m.

Nimmt man

$$R_2 = 2\ \text{m},$$

so wird bei 210 Touren die gewünschte Depression erreicht und bei 60 Touren der Maschine eine 3½fache Umsetzung nothwendig. Ferner wird in (37)

$$\frac{M}{R_1 U_1} = \frac{50}{1{\cdot}15\,.\,8} = 5{\cdot}435,$$

daher $$b_1 = 0{\cdot}16\,.\,5{\cdot}435 \text{ bis } 0{\cdot}20\,.\,5{\cdot}435 = 0{\cdot}870 \text{ bis } 1{\cdot}087\ \text{m}.$$

Da durch die Form des Einlaufes einer Contraction vorgebeugt ist, kann man $b_1 = b_2 = 0{\cdot}9$ m setzen.

Nach (38), (40), (44) und (41) wird

$$tang\,\alpha_1 = 0{\cdot}105\,\frac{210\,.\,1{\cdot}15}{8} = 3{\cdot}170,$$

$$\alpha_1 = 72^0\ 30',$$

$$\varrho = \frac{2^2 - \overline{1 \cdot 15}^2}{2 \cdot 1 \cdot 15 \cdot \sin 72^0\ 30'} = 1 \cdot 22 \text{ m},$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{\overline{1 \cdot 15}^2}{2^2} \cdot 64 + 7850 \cdot \overline{1 \cdot 25}^2 \cdot 0 \cdot 15} = 43 \cdot 1 \text{ m},$$

$$s = \frac{50}{0 \cdot 9 \cdot 43 \cdot 1} = \text{rund } 1 \cdot 3 \text{ m}.$$

Soll der Auslauf aus 4 Kreisbögen hergestellt werden, so ist die Seite $0 \cdot 25\, s$ des Quadrates, in dessen Ecken die Mittelpunkte der Bögen sich befinden, gleich 0·325 m.

Wenn ferner der Effectverlust durch die abströmende Luft nicht mehr als 5 Proc. des reinen Effectes betragen, also $e = 0 \cdot 05$ sein soll, so muss nach (46) der Querschnitt der Schlotmündung

$$q_s = \frac{50}{125 \sqrt{0 \cdot 05 \cdot 0 \cdot 15}} = 4 \cdot 62 \text{ m}^2$$

sein. Die Austrittsgeschwindigkeit wird dabei nach (46)

$$U_s = \frac{M}{q_s} = \frac{50}{4 \cdot 62} = 10 \cdot 8 \text{ m}.$$

Macht man die obere Schlotmündung quadratisch, so wird die Seite dieses Quadrates gleich

$$\sqrt{4 \cdot 62} = 2 \cdot 15 \text{ m},$$

während der Querschnitt des Schlotes unten die Seitenlängen $b_1 = 0 \cdot 9$ m und $s = 1 \cdot 3$ m besitzt.

Endlich ergibt sich nach (49) der reine Effect

$$E = 1000 \cdot 50 \cdot 0 \cdot 15 = 7500 \text{ mkg}$$

oder 100 Pferdekraft, und wird bei 50 Proc. Wirkungsgrad eine Betriebsmaschine von 200 Pferdekraft effectiver Leistung nothwendig.

2) Durch einen kleinen blasenden Handventilator soll eine Luftmenge $M = 0 \cdot 2$ Kubikmeter bei einer Pressung $h = 0 \cdot 01$ m Wasser geliefert werden. Für $U_1 = 6$ m wird nach (33)

$$R_0 = 0 \cdot 564 \sqrt{\frac{0 \cdot 2}{6}} = 0 \cdot 1 \text{ m}.$$

Nimmt man $m = 1 \cdot 4$, so folgt aus (31)

$$n = 845 \cdot 1 \cdot 4 \frac{\sqrt{0 \cdot 01}}{R_2} = \frac{118 \cdot 3}{R_2}.$$

Der äussere Halbmesser R_2 soll

$$R_2 = 0 \cdot 2 \text{ m}$$

sein, so ergibt sich

$$n = \frac{118 \cdot 3}{0 \cdot 2} = \text{rund } 600.$$

Ferner wird für $R_1 = R_0 = 0 \cdot 1$ m nach (36)

$$b_1 = 0 \cdot 5 \cdot 0 \cdot 1 \text{ bis } 0 \cdot 8 \cdot 0 \cdot 1 = 0 \cdot 05 \text{ bis } 0 \cdot 08 \text{ m};$$

man kann

$$b_1 = 0 \cdot 065 \text{ m}$$

nehmen. Nun erhält man weiter aus (38), (40), (44) und (41)

$$tang\,\alpha_1 = 0{\cdot}105\frac{600\,.\,0{\cdot}1}{6} = 1{\cdot}05,\ \alpha_1 = 46^0\,20',$$

$$\varrho = \frac{\overline{0{\cdot}2}^2 - \overline{0{\cdot}1}^2}{2\,.\,0{\cdot}1\,.\,sin\,46^0\,20'} = 0{\cdot}207\text{ m},$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{\overline{0{\cdot}1}^2}{\overline{0{\cdot}2}^2}\,6^2 + 7850\,.\,\overline{1{\cdot}4}^2\,.\,0{\cdot}01} = 12{\cdot}8\text{ m},$$

$$s = \frac{0{\cdot}2}{0{\cdot}065\,.\,12{\cdot}8} = 0{\cdot}24\text{ m}.$$

Soll in der Leitung, welche sich an das Blaserohr anschliesst, die Geschwindigkeit der Luft auch nur 6 m betragen, so muss dieses Rohr von

$$b_1\,s = 0{\cdot}065\,.\,0{\cdot}24 = 0{\cdot}0156\text{ m}^2$$

Querschnitt bis auf

$$\frac{M}{6} = \frac{0{\cdot}2}{6} = 0{\cdot}0333\text{ m}^2$$

erweitert werden.

Bei 1 m Umfangsgeschwindigkeit und 0·4 m Länge der Kurbel macht diese in der Minute

$$\frac{60\,.\,1}{2\,.\,0{\cdot}4\,.\,\pi} = 24$$

Umgänge, daher eine

$$\frac{600}{24} = 25\text{ fache}$$

Umsetzung nothwendig ist.

Bestimmung des Coëfficienten m durch Versuche. Wenn der in (31) erscheinende Coëfficient m bei einem bestehenden Ventilator durch Beobachtung ermittelt werden soll, kommt zu berücksichtigen, dass der Ausdruck (31) nur unter der Annahme gilt, dass die Geschwindigkeiten U_0 und U_3 verhältnissmässig klein seien. Bei verschiedenen wirklich ausgeführten Ventilatoren trifft jedoch diese Annahme nicht zu, in welchem Falle auch das letzte Glied des Ausdruckes (26) nicht zu vernachlässigen ist. Führt man die Rechnung wie früher durch, so ergibt sich statt (29) die Gleichung

$$(50)\,.\quad v_2 = m\left(\frac{u_2\,sin\,\alpha_2}{2} + \sqrt{\frac{u_2{}^2\,sin\,\alpha_2{}^2}{4} + 7850\,h + \frac{U_3{}^2 - U_0{}^2}{2}}\right).$$

Für radial auslaufende Flügel folgt dann die Tourenzahl in der Minute

$$n = \frac{845\,m}{R_2}\sqrt{h + \frac{U_3{}^2 - U_0{}^2}{15700}}.$$

Die Grössen in dieser Formel ausser m sind durch Messung zu bestimmen, um danach m berechnen zu können. Die Geschwindigkeiten U_3 und U_0 ergeben sich durch Division der (mittelst Anemometer an passender Stelle des Blase- und Saugrohres bestimmten) Luftmenge M durch den Querschnitt, in welchem die betreffende Geschwindigkeit herrscht. Kann

man das Anemometer in diesem Querschnitte selbst anbringen, so ergibt dasselbe natürlich unmittelbar die gesuchte Geschwindigkeit.[1])

Bei einem blasenden Ventilator ist für U_3 die Geschwindigkeit an der Stelle des Blaserohres zu setzen, wo die Pressung h abgenommen wurde, für U_0 die Geschwindigkeit an der Stelle, wo die Spannung die atmosphärische ist, also an der äusseren Mündung des Saughalses. Bei einem saugenden Ventilator ist U_0 die Geschwindigkeit an der Stelle, wo die Depression h abgenommen wurde, und U_3 die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft den Ventilator verlässt, welche also an der Mündung des Schlotes herrscht, wenn ein solcher vorhanden ist. Hat der saugende Ventilator kein Gehäuse, so wird $U_3 = U_2$ und ist dieser Werth durch Rechnung zu bestimmen.

Pressung und Depression sollen übrigens thunlichst nahe am Ventilator abgenommen werden, weil sonst die Reibung oder andere Nebenhindernisse der Luft auf dem Wege zwischen Manometer und Ventilator den zu messenden Werth von h modificiren.

Anfängliche Depression und manometrischer Wirkungsgrad. Diese beiden von Murgue aufgestellten Begriffe sind zwar für die hier gegebene Berechnungsart der Ventilatoren nicht erforderlich, sie gewähren jedoch eine tiefere Einsicht in die Wirkungsart der genannten Maschinen und sollen daher kurz erläutert werden.

Aus (27) lässt sich die Depression ermitteln, welche einer gegebenen Umfangsgeschwindigkeit v_2 entspricht. Bezeichnet man dieselbe mit h_t, so wird für $u_2 = 0$

(51) . . . . $$h_t = \frac{v_2^2}{7850}.$$

Es ist dies die theoretische Depression, welche sich bei Wegfall sämmtlicher Bewegungshindernisse und für eine relative Geschwindigkeit der Luft gleich Null, also dann einstellen würde, wenn der Saugkanal des Ventilators ganz abgesperrt wäre. Wegen der Unvollkommenheiten in der Construction des Ventilators ergibt sich aber in Wirklichkeit nur eine geringere Depression

(52) . . . . $$h_a = k h_t,$$

und es ist h_a die anfängliche Depression, d. h. jene, welche bei geschlossener Saugöffnung sich wirklich einstellt, und k der manometrische Wirkungsgrad, d. h. ein Coëfficient, der das Verhältniss der anfänglichen zur theoretischen Depression ausdrückt und kleiner als 1 ist.

1) Ueber den bei Messung der Luftmengen zu beobachtenden Vorgang enthält ausführliche Angaben der Aufsatz von Joh. Mayer: „Wettermessungen und vergleichende Beobachtungen bei einigen Wettermotoren“ in Oesterr. Zeitschrift 1882, S. 189.

Wenn nun der von der Grube kommende Saugkanal mehr und mehr geöffnet wird, strömt Luft durch den Ventilator, und da deren Reibung überwunden werden muss, steigt die Spannung im Saugraum, d. h. die Depression daselbst nimmt ab und erreicht ihren normalen, kleinsten Werth h, wenn der Saugkanal ganz geöffnet ist. Es ist also

$$h = h_a - h',$$

wobei h' die Abnahme an Depression oder Zunahme an Spannung bedeutet, welche zur Bewegung der Luft durch den Ventilator erfordert wird. Ist o die Durchgangsöffnung des Ventilators, M die Luftmenge, so wird nach (13)

$$M = C_1\, o \sqrt{800 . 2\, g h'},$$

und bedeutet a die gleichwerthige Oeffnung der Grube, durch welche nun vermöge der Depression h die gleiche Luftmenge M strömt, so ergibt sich nach (10)

$$M = C_1\, a \sqrt{800 . 2\, g h}.$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt

$$o \sqrt{h'} = a \sqrt{h},$$

$$h' = h \frac{a^2}{o^2},$$

somit folgt

$$h = h_a - h \frac{a^2}{o^2}$$

und mit Rücksicht auf (52)

$$h = \frac{h_a}{1 + \frac{a^2}{o^2}} = \frac{k\, h_t}{1 + \frac{a^2}{o^2}}. \qquad (53)$$

Die Durchgangsöffnung drückt insbesondere die durch Reibung der Luft entstehenden, überhaupt die dem Quadrat der Geschwindigkeit oder des Luftvolums proportionalen Widerstände aus. Der manometrische Wirkungsgrad dagegen berücksichtigt die Hindernisse, welche vom Luftvolum unabhängig sind und die Depression vermindern; er ist das Güteverhältniss in Bezug auf Depression.

Nach der Formel (53) kann die für den normalen Betrieb nothwendige Depression ermittelt werden, wenn der manometrische Wirkungsgrad k und die gleichwerthige und Durchgangsöffnung a o gegeben sind.

Da über die Grösse von o zu wenig Daten existiren, nimmt Murgue für den Factor

$$\frac{k}{1 + \frac{a^2}{o^2}},$$

welchen er zum Unterschied von k den genäherten manometrischen Wirkungsgrad nennt, für Guibal-Ventilatoren den Werth 0·65 an, welcher für enge Gruben, also wenn a klein ist, etwas zu vergrössern, für weite etwas zu vermindern ist.

Die aus den früheren Entwicklungen für $\alpha_2 = 0$ folgende Gleichung (30) ergibt mit Rücksicht auf (51)

$$h = \frac{v_2^2}{7850\, m^2} = \frac{h_t}{m^2},$$

und der Vergleich mit (53) zeigt, dass der angenommene Coëfficient m

$$m = \sqrt{\frac{1}{k}\left(1 + \frac{a^2}{o^2}\right)}$$

oder gleich der Quadratwurzel aus dem reciproken Werthe des genäherten manometrischen Wirkungsgrades ist; da letzterer nach Murgue im Mittel gleich 0·65 gesetzt werden kann, wurde der in den früheren Entwicklungen eingeführte Coëfficient m in runder Zahl

$$m = \sqrt{\frac{1}{0\cdot65}} = 1\cdot25$$

angenommen.

Verengung des Flügelraumes gegen aussen. Die auf S. 18 erwähnte Wirbelbildung hinter den Flügeln setzt den Effect herab. Ein Mittel zur Verminderung oder Beseitigung derselben ist die Verengung des Flügelraumes gegen aussen, wodurch die Luft gezwungen wird, die Kanäle gleichmässiger auszufüllen. Eine stärkere Verengung ist indessen nicht vortheilhaft, weil dabei die Geschwindigkeit der Luft, welche an der Vorderseite der Flügel doch stets grösser ist, als an der Rückseite, und die entsprechende Reibung zunimmt. Bei kleiner Luftmenge, wo die Radbreite ohnedies gering ist, kann die Verengung des Flügelraumes nicht empfohlen werden.

Die Breite wird derart geändert, dass entweder die radiale oder die relative Componente der Geschwindigkeit an der Ein- und Austrittsstelle theoretisch gleich gross werden. Unter der ersteren Annahme ist der cylindrische Ein- und Austrittsquerschnitt gleich, also

$$2\, R_2\, \pi\, b_2 = 2\, R_1\, \pi\, b_1,$$

(54) . . . . $b_2 = \frac{R_1}{R_2} b_1.$

Nach (44) auf S. 28 ergibt sich dann für radiale Flügelenden die absolute Austrittsgeschwindigkeit

(55) . . . . $U_2 = \sqrt{U_1^2 + 7850\, m^2\, h}$

und es ist

$$u_2 = U_1.$$

Sollen dagegen die relativen Geschwindigkeiten u_1 und u_2 gleich gross sein, so müssen es auch die Summen der Kanalquerschnitte an den betreffenden Stellen sein, mithin ergibt sich

$$2\, R_2\, \pi\, b_2 \cos \alpha_2 = 2\, R_1\, \pi\, b_1 \cos \alpha_1,$$

$$(56) \quad \ldots\ldots \quad \frac{b_2}{b_1} = \frac{R_1 \cos \alpha_1}{R_2 \cos \alpha_2}.$$

Für radiale Flügelenden wird $\cos \alpha_2 = 1$, daher

$$(57) \quad \ldots\ldots \quad b_2 = \frac{R_1}{R_2}\, b_1 \cos \alpha_1$$

und man ersieht, dass diese Annahme dann ein bedeutend anderes Resultat liefert, als die vorige, wenn die Neigung α_1 der Flügel gegen den Halbmesser eine grössere ist, in welchem Falle sich jedoch b_2 zu klein und u_2 gross ergibt.

Die absolute Austrittsgeschwindigkeit wird dabei nach (44) und (57)

$$(58) \quad \ldots\ldots \quad U_2 = \sqrt{\frac{U_1^{\,2}}{\cos \alpha_1^{\,2}} + 7850\, m^2\, h}.$$

In beiden Fällen bleiben die sonstigen Formeln zur Berechnung (S. 32) unverändert, nur ist in (41) b_2 statt b_1 zu setzen.

Damit die Verengung des Flügelraumes keine Contraction im Auslaufraum hervorrufe, kann man die Seitenwände des ersteren parallel auslaufen lassen, welche Construction von Kley angewendet und durch Fig. 53 für einen Ventilator mit zwei Saugöffnungen angedeutet ist. Der Flügelraum f ist dabei durch gekrümmte Flächen begrenzt, deren Profil den Halbmesser ϱ_1 besitzt; es ergibt sich

$$\varrho_1^{\,2} = \left(\varrho_1 - \frac{b_1 - b_2}{2}\right)^2 + (R_2 - R_1)^2,$$

$$2\, \varrho_1\, \frac{b_1 - b_2}{2} = \frac{(b_1 - b_2)^2}{4} + (R_2 - R_1)^2,$$

$$(59) \quad \ldots\ldots \quad \varrho_1 = \frac{b_1 - b_2}{4} + \frac{(R_2 - R_1)^2}{b_1 - b_2}.$$

Die Krümmung der Seitenwände des Flügelraumes erleichtert auch in vortheilhafter Art den Uebergang der Luft aus den Saugöffnungen in das Rad.

Ist nur eine Saugöffnung vorhanden, so ist nur die Seitenwand des Flügelraumes, in welcher sich diese Oeffnung befindet, nach einem Halbmesser ϱ_2 zu krümmen, während die andere Seitenwand eben und senkrecht zur Achse bleibt. Den Halbmesser ϱ_2 erhält man, indem man in der obigen Ableitung $b_1 - b_2$ statt $\frac{b_1 - b_2}{2}$ setzt; es ergibt sich

(60) . . . . $\varrho_2 = \frac{b_1 - b_2}{2} + \frac{(R_2 - R_1)^2}{2(b_1 - b_2)}$.

Ist wie in Fig. 46 der Halbmesser R_0 kleiner als R_1, so kann man die Krümmung der Wand des Flügelraumes continuirlich in die der Saugrohr-Mündung übergehen lassen.

Beispiel. Im Beispiel 1) auf S. 33 war $M = 50\ \text{m}^3$, $h = 0{\cdot}15$ m, $U_1 = 8$ m, bei 2 Saugöffnungen $R_1 = 1{\cdot}15$ m, $m = 1{\cdot}25$, $R_2 = 2$ m, $b_1 = 0{\cdot}9$ m, $\alpha_1 = 72^0\,30'$. Bei radialen Flügelenden wird nun, wenn die radiale Geschwindigkeitscomponente der Luft beim Ein- und Austritt gleich bleiben soll, nach (54)

$$b_2 = \frac{1{\cdot}15}{2}\,0{\cdot}9 = 0{\cdot}52\ \text{m}$$

und nach (55)

$$U_2 = \sqrt{8^2 + 7850\,.\,\overline{1{\cdot}25}^2\,.\,0{\cdot}15} = 43{\cdot}6\ \text{m},$$

daher nicht merklich grösser, als bei constanter Radbreite, wo sich $U_2 = 43{\cdot}1$ m ergab. Die radiale Weite des unteren Schlotendes dagegen wird nach (41), worin $b_2 = 0{\cdot}52$ m statt b_1 einzusetzen ist,

$$s = \frac{50}{0{\cdot}52\,.\,43{\cdot}6} = 2{\cdot}21\ \text{m},$$

bedeutend grösser als früher, wo $s = 1{\cdot}3$ m war. Hier wäre also eine Erweiterung des Gehäuses gegen Aussen nach S. 28 am Platze.

Bei gleicher relativer Ein- und Austrittsgeschwindigkeit und wieder radialen Flügelenden wird nach (57)

$$b_2 = \frac{1{\cdot}15}{2}\,.\,0{\cdot}9\,.\cos 72^0\,30' = 0{\cdot}156$$

viel kleiner als früher, und da die innere Breite $b_1 = 0{\cdot}9$ m ist, so würde sich eine unvortheilhaft starke Verengung ergeben, auch s sehr gross werden.

Vorwärts- oder zurückgekrümmte Flügel. Nach (29) wächst v_2 mit $u_2 \sin \alpha_2$ oder mit der Länge CD in Fig. 52. Sind also die Flügel zurückgekrümmt, wie BFA, wobei α_2, $\sin \alpha_2$ und CD positiv ist, so wird die nothwendige Umfangsgeschwindigkeit v_2 grösser; sind sie vorwärts gekrümmt, wie $BF'A'$, so ist α_2, $\sin \alpha_2$ und CD negativ und wird v_2 kleiner.

Die relative Austrittsgeschwindigkeit u_2 und mithin die Reibung der Luft in den Kanälen wird nach (43) sowohl bei vor- als bei rückwärts gekrümmten Flügeln grösser als bei radialen, wo $\alpha_2 = 0$ ist und die Kanäle die grösste Weite besitzen; es entsprechen also in dieser Beziehung radial auslaufende Flügel am besten.

Die absolute Austrittsgeschwindigkeit U_2 endlich wächst, wenn α_2 abnimmt, wird also bei vorwärts gekrümmten Flügeln grösser als bei rückwärts gekrümmten.

Je nachdem man nun auf Verminderung der Tourenzahl oder der Reibungen u. s. w. der Luft mehr Gewicht legt, werden die Flügelenden in der einen oder anderen Art von der radialen Richtung abweichend

geformt. Bei grosser zu erzielender Depression, wo eine Herabsetzung der Umfangsgeschwindigkeit vortheilhaft ist, kann eine mässige Vorwärtskrümmung der Flügel etwa bis $\alpha_2 = -30^0$ empfohlen werden.

Zurückgekrümmte Flügel erscheinen aus dem Grunde als rationellere Construction, weil sie der Luft nicht erst die grosse Austrittsgeschwindigkeit ertheilen, welche dann wieder durch Auslaufraum u. s. w. reducirt werden muss; sie sind aber nur am Platze, wenn die Depression gering, daher die Tourenzahl nicht bedeutend ist, und namentlich wenn der Auslaufraum und Schlot fehlt, weil dann eine Herabsetzung des Effectverlustes, welcher in der lebendigen Kraft der abströmenden Luft begründet ist, besonders wünschenswerth erscheint.

Dass bei vorwärts gekrümmten Flügeln für eine gegebene Depression eine kleinere Umfangsgeschwindigkeit genügt, erscheint durch die von François mit einem Ser'schen Ventilator angestellten Versuche bestätigt.[1] Die Flügel dieses Ventilators sind unter 45^0, also stark vorwärts gekrümmt und die Depression ergab sich gleich 0·93 des bei radial auslaufenden Flügeln erzielbaren theoretischen Werthes, mithin grösser, als bei irgend einem Ventilator mit radialen Flügelenden wirklich erreichbar ist. Dagegen ist die Depression wegen der grösseren Reibung der Luft nur 0·53 der aus (27) für $\alpha_2 = -45^0$ folgenden theoretischen h, während sie beim Guibal-Ventilator, wo $\alpha_2 = 0$ ist, 0·65 der theoretischen Grösse erreicht.

Um die Beziehung zwischen Tourenzahl und äusserem Halbmesser zu erhalten, ist die Gleichung (29) zu benützen. Setzt man in derselben

$$\frac{u_2 \sin \alpha_2}{2} = A$$

und führt den erhaltenen Werth in

$$n = \frac{60\, v_2}{2\, R_2\, \pi} = 9{\cdot}55\ \frac{v_2}{R_2}$$

ein, so ergibt sich

$$n = \frac{9{\cdot}55\, m}{R_2} \left(A + \sqrt{A^2 + 7850\, h}\right). \tag{61}$$

Dieser Ausdruck ist kein so einfacher als bei radial auslaufenden Flügeln, wo n der $\sqrt{h}$ proportional ist; daher steht auch der Coëfficient m für die Tourenzahl nicht mehr in der Beziehung zum manometrischen Wirkungsgrad wie früher (S. 38).

---

1) Ueber Ventilatoren mit vorwärts gekrümmten Flügeln, von Murgue, Bull. soc. ind. min. 1886, 15. Bd., S. 81; von v. Hauer, Oesterr. Zeitschrift 1887, S. 47.

Mit Rücksicht auf (43) wird der obige Werth

$$(62) \quad \ldots \quad A = \frac{u_2 \sin \alpha_2}{2} = \frac{R_1}{R_2} \frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{U_1 \tang \alpha_2}{2}.$$

Hieraus folgt für constante Radbreite $b_1 = b_2$

$$(63) \quad \ldots \quad A = \frac{R_1}{R_2} \frac{U_1 \tang \alpha_2}{2},$$

und für gleiche radiale Ein- und Austrittsgeschwindigkeit wegen (54)

$$(64) \quad \ldots \quad A = \frac{U_1 \tang \alpha_2}{2}.$$

Für gleiche relative Ein- und Austrittsgeschwindigkeit wird nach (56)

$$\frac{R_1 b_1}{R_2 b_2} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1},$$

daher folgt aus (62)

$$A = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1} \frac{U_1 \tang \alpha_2}{2} = \frac{U_1}{2} \frac{\sin \alpha_2}{\cos \alpha_1}.$$

Im letzteren Falle wird die Aufgabe eine complicirtere, weil $\cos \alpha_1$ nach (38) wieder von der Tourenzahl abhängt. Da aber nach der zu (57) gemachten Bemerkung (S. 39) die Annahme einer constanten relativen Geschwindigkeit bei grösserem α_1 auf ungünstige Constructionsverhältnisse führt, so wird diese Annahme nur bei kleinem α_1 zu machen sein, daher bei dem geringen Einflusse, den der Werth A in (61) auf n ausübt, $\cos \alpha_1 = 1$ gesetzt werden kann, wodurch für gleiche relative Ein- und Austrittsgeschwindigkeit

$$(65) \quad \ldots \quad A = \frac{U_1}{2} \sin \alpha_2$$

folgt.

Zur Bestimmung der absoluten Austrittsgeschwindigkeit U_2 ist am einfachsten die Formel (42)

$$(66) \quad \ldots \quad U_2 = \sqrt{u_2{}^2 + v_2{}^2 - 2\, u_2\, v_2 \sin \alpha_2}$$

anzuwenden, in welcher

$$(67) \quad \ldots \quad v_2 = \frac{n \,.\, 2\, R_2\, \pi}{60} = 0{\cdot}1047\, n\, R_2$$

und nach (62)

$$(68) \quad \ldots \quad u_2 = \frac{2\, A}{\sin \alpha_2}$$

einzusetzen kommt.

Unter Benützung der Formeln auf S. 32 gestaltet sich die Berechnung folgendermassen. Man bestimmt zuerst R_0 und R_1 nach der Anleitung S. 33, nimmt dann den Winkel α_2, der bei vorwärts geneigten Flügeln negativ einzusetzen ist, und R_2 an und berechnet A für constante

Radbreite nach (63), für gleiche radiale Geschwindigkeiten nach (64) und für gleiche relative Geschwindigkeiten nach (65). Sonach ergibt (61) die Umdrehungszahl n; ist diese nicht passend, so wiederholt man die Berechnung von A und n mit einem geänderten Werthe von R_2. Dann wird u_2, v_2 und U_2 nach (68), (67) und (66) ermittelt. Im Uebrigen ist die Berechnung die gleiche wie früher (S. 32), bei nach aussen verengtem Flügelraum b_2 nach S. 38 zu bestimmen und statt b_1 in (41) ein zuführen, jedoch der Halbmesser ϱ der Flügelkrümmung nach (39) zu berechnen.

Ueber den letzteren ist noch eine Bemerkung erforderlich. Bei vorwärts gekrümmten Flügeln, wie $A'F'B$ in Fig. 52, wird α_2 negativ, der Ausdruck (39) für ϱ bleibt stets positiv. Bei zurückgeneigten Flügeln AFB wird ϱ um so grösser, je mehr der Nenner in (39) sich der Null nähert und für

$$R_1 \sin \alpha_1 = R_2 \sin \alpha_2$$

wird ϱ unendlich gross, der Flügel geradlinig. Ist endlich

$$R_2 \sin \alpha_2 > R_1 \sin \alpha_1,$$

so wird ϱ negativ, was die Bedeutung hat, dass nun der Flügel entgegengesetzt zu krümmen ist und der Krümmungsmittelpunkt auf dessen andere Seite fällt.

Die Verzeichnung der Flügel und der Begrenzung des Auslaufraumes erfolgt wie früher (S. 26 und 28); ist ϱ negativ, so kommt die Linie CB (Fig. 47) nach entgegengesetzter Seite von C zu ziehen.

Beispiele. 1) In dem auf S. 33 angenommenen Falle ($h = 0{\cdot}15\,m$, $M = 50\,\mathrm{m}^3$) sollen die Flügel unter einem Winkel von 30° gegen den Halbmesser vorwärts gekrümmt werden, daher $\alpha_2 = -30°$ zu setzen ist. Es ergibt sich wie früher für $U_1 = 8$ m, $R_0 = 1$ m und sei auch wie dort $R_1 = 1{\cdot}15$ m. Die radiale Ein- und Austrittsgeschwindigkeit der Luft sollen gleich gross sein, so erhält man nach (64) den Coëfficienten

$$A = \frac{8 . tang(-30^0)}{2} = -2{\cdot}3096$$

und nach (61), wenn wieder $m = 1{\cdot}25$ gesetzt wird,

$$n = \frac{9{\cdot}55 . 1{\cdot}25}{R_2}\left(-2{\cdot}3096 + \sqrt{2{\cdot}3096^2 + 7850 . 0{\cdot}15}\right),$$

$$n = \frac{383{\cdot}0}{R_2}.$$

Nimmt man wie früher $R_2 = 2$ m, so wird

$$n = 192,$$

während sich früher $n = 210$ ergab. Es genügt nun 3fache Umsetzung, wenn die Maschine 64 Touren verrichtet.

Nach (67), (68) und (66) wird

$$v_2 = 0{\cdot}1047 . 192 . 2 = 40{\cdot}20\,\mathrm{m},$$

$$u_2 = \frac{-2 . 2{\cdot}3096}{-\sin 30^0} = 9{\cdot}24\,\mathrm{m},$$

$$U_2 = \sqrt{9{\cdot}24^2 + 40{\cdot}20^2 + 2 . 9{\cdot}24 . 40{\cdot}20 \sin 30^0} = 45{\cdot}5\,\mathrm{m},$$

noch nicht merklich grösser als bei radialen Flügelenden, für welche sich bei constanter radialer Geschwindigkeit der Luft auf S. 40 U_2 gleich 43·6 m und bei constanter Radbreite nach S. 34 gleich 43·1 m ergab. Die relative Geschwindigkeit u_2 wird allerdings etwas mehr vergrössert, und zwar nach (43) im umgekehrten Verhältnisse des $\cos \alpha_2$, im vorliegenden Falle daher wegen $\alpha_2 = -30^0$ auf das

$$\frac{\cos 0^0}{\cos 30^0} = \frac{1}{0{\cdot}866} = 1{\cdot}15 \text{fache}$$

der bei radialen Flügelenden eintretenden, wo $\alpha_2 = 0$ ist.

Die sonstigen Dimensionen ergeben sich wie in dem Beispiel auf S. 40; der Krümmungshalbmesser der Flügel wird nach (39)

$$\varrho = 0{\cdot}644 \text{ m}.$$

2) Um den Einfluss einer stärkeren Rückwärtskrümmung der Flügel zu zeigen, sei im vorigen Falle $\alpha_2 = 60^0$; nach (64) wird

$$A = \frac{8 \, tang \, 60^0}{2} = 6{\cdot}928$$

und nach (61) für $m = 1{\cdot}25$

$$n = \frac{9{\cdot}55 \, . \, 1{\cdot}25}{R_2}\left(6{\cdot}928 + \sqrt{6{\cdot}928^2 + 7850 \, . \, 0{\cdot}15}\right),$$

$$n = \frac{501}{R_2},$$

mithin für $R_2 = 2$ m

$$n = 250,$$

während früher blos $n = 192$ war. Ferner wird nach (66) bis (68)

$$u_2 = 16{\cdot}00 \text{ m},$$
$$v_2 = 52{\cdot}35 \text{ m},$$
$$U_2 = 39{\cdot}3 \text{ m}.$$

Es ist mithin U_2 nicht erheblich kleiner als früher, wo sich diese Grösse stets ungefähr gleich 43 m ergab, dagegen wird die relative Geschwindigkeit u_2 und daher die Reibung der Luft in den Kanälen, dann die erforderliche Tourenzahl bedeutend grösser als bei radialen oder mässig vorwärts geneigten Flügeln.

Ringförmiger Auslaufraum. Bei einigen saugenden Ventilatoren, besonders dem von Rittinger, wird die Austrittsgeschwindigkeit U_2 der Luft statt durch einen Schlot, durch einen Auslaufraum (Diffuser) ermässigt. Dieser Raum wird entweder nach Fig. 37 durch die concentrisch erweiterten Seitenwände, welche den Flügelraum einschliessen und mit diesem rotiren, begrenzt, oder durch zwei feste Wände w (Fig. 54), in welchen sich kreisrunde Ausschnitte für die Seitenscheiben des Ventilators befinden. Die Luftstrahlen, welche letzteren verlassen, vergrössern ihren Querschnitt, wie Fig. 37 andeutet, und die Geschwindigkeit der Luft vermindert sich daher in dem Maasse, als die Entfernung vom Rade zunimmt. Ist R_3 der äussere Halbmesser des Auslaufraumes und U_3 die Geschwindigkeit der denselben verlassenden Luft, so wird

$$\frac{U_3}{U_2} = \frac{R_2}{R_3},$$

$$R_3 = \frac{R_2 \, U_2}{U_3}.$$

Soll das Verhältniss des Effectverlustes durch die abströmende Luft zur reinen Leistung nicht grösser sein, als bei Anwendung eines Schlotes, wo dieses Verhältniss durch e ausgedrückt wurde (S. 29), so muss wegen (45)

$$U_3 = \sqrt{15700\, eh} = 125 \sqrt{eh},$$

$$R_3 = \frac{R_2\, U_2}{125 \sqrt{eh}} \tag{69}$$

sein. Der Werth R_3 ergibt sich, wenn man den Effectverlust e wie früher gleich 0·05 oder 5 Procent der reinen Leistung setzt, gegen R_2 so gross, dass nur feste Auslaufwände (Fig. 54) und auch diese nur bei kleinem Radhalbmesser praktisch erscheinen.

Beispiel. Bei dem auf S. 33 berechneten Ventilator war $R_2 = 2$ m, $U_2 =$ 43·1 m, $h = 0{\cdot}15$ m und für $e = 0{\cdot}05$ wird nach (69)

$$R_3 = \frac{2\,.\,43{\cdot}1}{125 \sqrt{0{\cdot}05\,.\,0{\cdot}15}} = \text{nahe } 8\,\text{m},$$

also zu gross für die praktische Ausführung selbst mit festen Wänden.

Saugende Ventilatoren ohne Auslaufraum. Bei fehlendem Auslaufraum verlässt die Luft den Ventilator mit der Geschwindigkeit U_2, es wird $U_3 = U_2$ und dieser Werth kann nicht mehr, wie früher geschehen, in Gleichung (26) vernachlässigt werden. Die Beziehung zwischen Umfangsgeschwindigkeit v_2 und Depression ergibt sich dann am einfachsten aus der Gleichung (20), welche nach Einsetzung der Werthe (21) und (25) die folgende Form erhält:

$$U_0^2 - u_2^2 + v_2^2 + \frac{2g}{\delta}(p_0 - p_2) = 0;$$

hieraus folgt

$$v_2 = \sqrt{u_2^2 + \frac{2g}{\delta}(p_2 - p_0) - U_0^2}.$$

Es ist aber für einen saugenden Ventilator ohne Auslaufraum p_2 die atmosphärische und p_0 die Spannung im Saugrohr, wo auch die Geschwindigkeit U_0 herrscht. Dieser Spannung entspricht die Depression h, es ist daher

$$p_2 - p_0 = b\gamma - (b - h)\,\gamma = h\gamma$$

und wegen $\delta = 1{\cdot}25$

$$\frac{2g}{\delta}(p_2 - p_0) = 15700\, h.$$

Führt man diesen Werth oben ein und berücksichtigt, dass wie unter (29) eine Steigerung des theoretischen Werthes von v_2 auf das $m$fache nothwendig ist, so ergibt sich bei Vernachlässigung von U_0^2

$$v_2 = m \sqrt{u_2^2 + 15700\, h}. \tag{70}$$

Unter der Voraussetzung, dass der Luftstrom die Kanäle zwischen den Flügeln ganz erfülle, kann man die Geschwindigkeit u_2 allgemein nach (43) ausdrücken:

$$(71) \quad u_2 = \frac{R_1}{R_2} \frac{b_1}{b_2} \frac{U_1}{\cos \alpha_2}.$$

Die Tourenzahl n wird

$$(72) \quad n = \frac{60\, v_2}{2\, R_2 \pi} = 9{\cdot}55 \frac{v_2}{R_2}.$$

Bei veränderlicher Breite des Flügelraumes ist der Werth des Verhältnisses $\frac{b_1}{b_2}$ nach (54) oder (56) in (71) einzuführen, dann wird R_2 gewählt und aus (71), (70) und (72) der Reihe nach u_2, v_2 und n berechnet. Ist der erhaltene Werth von n nicht passend, so ist R_2 anders zu wählen.

Der Effectverlust durch die abströmende Luft ergibt sich, da der Austritt mit einer Geschwindigkeit $U_3 = U_2$ erfolgt, nach (45) im Verhältnisse zur reinen Leistung ausgedrückt,

$$(73) \quad e = \frac{U_2^2}{15700\, h},$$

worin nach (42)

$$(74) \quad U_2^2 = u_2^2 + v_2^2 - 2\, u_2\, v_2 \sin \alpha_2$$

einzusetzen kommt.

Aus den Gleichungen (70) und (71) folgt, dass die nothwendige Umfangsgeschwindigkeit, somit auch die Tourenzahl für $\alpha_2 = 0$, also bei radialen Flügelenden am kleinsten wird und nicht nur bei zurück-, sondern auch bei vorwärtsgekrümmten Flügeln um so mehr wächst, je mehr die Richtung des Flügelendes von der radialen abweicht, während bei Ventilatoren mit Gehäuse nach (29) v_2, daher auch die Tourenzahl mit α_2 continuirlich abnimmt. Bei Ventilatoren ohne Gehäuse sind somit in Beziehung auf Verminderung der Umgangszahl radial auslaufende Flügel die vortheilhaftesten.

Die absolute Austrittsgeschwindigkeit U_2 der Luft, mithin der Effectverlust e wird dagegen kleiner, wenn α_2 zunimmt, wenn also die Flügel zurückgekrümmt sind. Es entsprechen daher für Ventilatoren ohne Auslauf mässig zurückgekrümmte Flügel; je mehr dieselben von der radialen Richtung abweichen, d. h. je grösser α_2 ist, desto kleiner wird U_2 und e, desto grösser dagegen n.

Da in (70) der Werth u_2^2, besonders bei kleiner Depression h, Einfluss auf v_2 hat, so ersieht man, dass v_2, daher n mehr als $\sqrt{2} = 1{\cdot}41$ mal grösser wird als nach (30). Aus dieser Ursache und wegen des grösseren Effectverlustes sind Ventilatoren ohne Auslauf, zu welchen insbesondere

die von Combes gehören, im Allgemeinen weniger vortheilhaft und auch seltener in Verwendung.

Beispiel. In dem auf S. 33 unter 1) behandelten Falle war $h = 0{\cdot}15$ m, $U_1 = 8$ m, $R_1 = 1{\cdot}15$, $R_2 = 2$ m, $b_1 = b_2$; setzt man ferner wie dort $m = 1{\cdot}25$ und nimmt $\alpha_2 = 75^0$, so ergibt sich aus (71), (70) und (72)

$$u_2 = \frac{1{\cdot}15}{2} \frac{8}{\cos 75^0} = 17{\cdot}8 \text{ m}$$

$$v_2 = 1{\cdot}25 \sqrt{17{\cdot}8^2 + 15700 . 0{\cdot}15} = 64{\cdot}6 \text{ m}$$

$$n = 9{\cdot}55 \frac{64{\cdot}6}{2} = 308,$$

während beim Ventilator mit Auslaufraum bloss 210 Touren erforderlich waren. Die absolute Austrittsgeschwindigkeit wird nach (74)

$$U_2 = \sqrt{\overline{17{\cdot}8}^2 + \overline{64{\cdot}6}^2 - 2 . 17{\cdot}8 . 64{\cdot}6 \sin 75^0} = 47{\cdot}6 \text{ m}$$

und der Effectverlust e nach (73)

$$e = \frac{\overline{47{\cdot}6}^2}{15700 . 0{\cdot}15} = 0{\cdot}96.$$

Der Verlust ist daher fast ebenso gross als die reine Leistung $M h \gamma$, und es wird durch denselben nahe die Hälfte der Betriebskraft aufgezehrt.

In folgender Tabelle sind die Werthe zusammengestellt, welche sich im gegebenen Beispiel für $\alpha_2 = 75^0$, also zurückgekrümmte Flügel nach der obigen Berechnung, ferner für $\alpha_2 = 0$ (radial auslaufende Flügel) und für $\alpha_2 = -75^0$ (vorwärtsgekrümmte Flügel), endlich nach S. 33 für einen Ventilator mit Gehäuse und radial auslaufenden Flügeln ergeben.

	Ventilator ohne Gehäuse			Ventilator mit Gehäuse
α_2	75^0 zurückgekr.	0^0 radial	-75^0 vorwärtsgekr.	0
n	308	291	308	210
U_2	47·6	61·1	81·9	$U_3 = 10{\cdot}8$
e	0·96	1·58	2·85	0·05

Man sieht, dass die Tourenzahl sowohl als der Effectverlust bei den Ventilatoren ohne Gehäuse gross werden. Bei zurückgekrümmten Flügeln ($\alpha_2 = 75^0$) ist die Tourenzahl nur wenig grösser, dafür e bedeutend kleiner als bei radial auslaufenden, daher erstere besser entsprechen. Am unvortheilhaftesten sind die vorwärtsgekrümmten wegen des grossen Verlustes e.

Intermittirender Austritt der Luft von den Zellen. Bei Guibal's Ventilator (Fig. 64) wird die Luft in den zwischen den Flügeln befindlichen Zellen erst verdichtet, dann zum Austritt gebracht; zu diesem

Zwecke ist das Flügelrad mit einem Gehäuse umgeben, welches die Zellen auf ungefähr $^3/_4$ des Umfanges gegen aussen abschliesst, dann sich erweitert und in den Schlot *P* übergeht. Die Luft, welche z. B. in die Zelle *a* von innen einströmt, wird vermöge der Fliehkraft gegen den Umfang gedrängt und verdichtet, bis die Zelle bei der Stellung *A* sich gegen die Erweiterung des Gehäuses öffnet und einen Theil der Luft austreten lässt, während gleichzeitig wieder ein vermehrter Zufluss von innen beginnt. Die Ausströmung der Luft erfolgt also in einzelnen Partieen, mit dem Gehör vernehmbaren Impulsen aus den nach einander folgenden Zellen. Durch einen aus gelenkartig verbundenen Platten bestehenden, in zwei Rinnen geführten Schieber *m* kann die Grösse der Austrittsöffnung regulirt werden, bis die Depression ihren höchsten Werth erreicht.

Die Art, wie die Bewegung der Luft durch das Rad stattfindet, ist durch Beobachtungen der Geschwindigkeit der Luft innerhalb des Saughalses, wie sie von Mayer beim Ventilator des Jakobschachtes in Ostrau angestellt wurden[1]), gekennzeichnet. Mittelst des Anemometers wurden an den in Fig. 64 durch kleine Kreise angedeuteten Stellen die beigesetzten Geschwindigkeiten erhoben, mit welchen die Luft sich parallel zur Achse bewegt. Sowie ein Flügel *f* zum erweiterten Theil des Gehäuses gelangt, findet rasch die Ausströmung eines Theiles der hinter demselben im Raume *A* vorhandenen Luft statt, daher die Spannung in *A* abnimmt; bei der weiteren Drehung folgt daher die Luft aus dem Inneren des Rades so lange nach, bis etwa bei der Stellung *B* in der ganzen Zelle wieder die höhere Spannung eingetreten ist. Die Luft wird naturgemäss der dem Schlot zugekehrten Seite des Saughalses entnommen. Daher ergibt sich längs des inneren Umfanges ein Wachsen der Geschwindigkeit bis zu der dem Schlot nächstgelegenen Stelle *M* und dann wieder eine Abnahme bis zum entgegengesetzten Punkte *N*. Eine solche Abnahme lässt sich auch direct von *M* gegen *N* erkennen. An einer Stelle ist die Geschwindigkeit selbst negativ, d. h. es findet Rückbewegung von Luft statt; solche Unregelmässigkeiten sind durch die Gegenströmung von der zweiten Saugöffnung zu erklären, da keine Einlaufkegel vorhanden sind.

Diese Beobachtungen stimmen auch mit dem von Devillez[2]) angeführten Umstande, dass wenn an verschiedenen Stellen des Gehäuses *a*, *b* u. s. w. Manometer in gleichem Abstande von der Achse befestigt werden, die Depression bei *a*, also nach erfolgter Abströmung der Luft in den

1) Oesterr. Zeitschrift 1882, S. 230.

2) Devillez, Ventilation des mines, p. 195.

Schlot, am grössten ist, dann in der Richtung der Drehung bis in die Gegend von b abnimmt, nach Erreichung ihres Minimums ein kurzes Stück constant bleibt und endlich bis a wieder zunimmt.

Innerhalb des Auslaufraumes stellen sich ebenfalls sehr verschiedene Spannungen ein. So wurde bei einem Ventilator zu Frameries eine starke Abnahme der Depression von d gegen c (Fig. 64) beobachtet; man fand bei verschiedenen Depressionen im Saugraume folgende Werthe:

Depression im Saugraume	90	118	150 mm
„ in d	47	60	70 „
„ in c	10	18	20 „

Weiter aufwärts war die Depression nächst den Wänden kleiner als in der Mitte des Schlotes. —

Wegen der intermittirenden Bewegung der Luft in den Zellen ist die Berechnung eine andere, als bei Ventilatoren mit continuirlicher Luftströmung.

Während die Spannung von p_1 am inneren Umfange bis p_2 am äusseren Umfange gesteigert wird, findet kein Durchströmen der Luft durch den Ventilator statt, es sind daher in der allgemeinen Gleichung (20) die relativen Geschwindigkeiten u_1 und u_2 gleich Null zu setzen und es wird somit[1])

$$(75) \quad \ldots\ldots \quad p_2 - p_1 = \frac{\delta}{2g}(v_2^2 - v_1^2).$$

Da die Luft am äusseren Umfange direct von den Flügelenden fortgeschoben wird, besitzt sie beim Eintritte in den Schlot die Geschwindigkeit v_2 und eine Pressung p_2, und wenn diese Grössen beim Austritt aus dem Schlote die Werthe U_3 und p_3 annehmen, so ist nach (16)

1) Diese Gleichung ergibt sich auch direct auf folgendem sehr einfachen Wege. Die Luft im Flügelraume unterliegt dem Einflusse der Fliehkraft, vermöge welcher jede concentrische Luftschicht von der Fläche 1 und der Dicke dR, welche daher das Gewicht $\delta . dR$ besitzt, einen radialen Druck

$$dp = \frac{\delta . dR}{g} R w^2$$

ausübt, wobei w die Winkelgeschwindigkeit und R die Entfernung der Schicht von der Ventilatorachse bedeutet. Ist $v = Rw$ die Umfangsgeschwindigkeit, so wird

$$w^2 R dR = v dv,$$

daher

$$dp = \frac{\delta}{g} v dv,$$

und wenn p_1 und p_2 die Pressung am inneren und äusseren Umfange, v_1 und v_2 die Geschwindigkeiten an denselben Stellen bedeuten, so ergibt sich

$$p_2 - p_1 = \frac{\delta}{2g}(v_2^2 - v_1^2),$$

welche Gleichung mit (75) übereinstimmt.

$$v_2{}^2 + \frac{2\,g p_2}{\delta} = U_3{}^2 + \frac{2\,g p_3}{\delta},$$

$$p_3 - p_2 = \frac{\delta}{2g}\,(v_2{}^2 - U_3{}^2),$$

welche Gleichung, zu (75) addirt,

$$(76) \quad \ldots\ldots \quad p_3 - p_1 = \frac{\delta}{2g}\,(2\,v_2{}^2 - U_3{}^2 - v_1{}^2)$$

ergibt. Ist h die Depression, b der Barometerstand, so hat man

$$p_3 - p_1 = b\gamma - (b - h)\,\gamma = h\gamma;$$

ferner ist

$$v_1 = \frac{n\,.\,2\,R_1\,\pi}{60},$$

$$(77) \quad \ldots\ldots\ldots \quad v_2 = \frac{n\,.\,2\,R_2\,\pi}{60},$$

und wenn q den Querschnitt der Oeffnung unter dem Schieber (Fig. 64) und Q den Querschnitt der Schlotmündung bedeutet, wird

$$U_3 = v_2\,\frac{q}{Q} = \frac{n\,.\,2\,R_2\,\pi}{60}\,\frac{q}{Q}.$$

Es folgt somit

$$2\,v_2{}^2 - U_3{}^2 - v_1{}^2 = \left(\frac{n\,.\,2\,\pi}{60}\right)^2 \left(2\,R_2{}^2 - R_2{}^2\,\frac{q^2}{Q^2} - R_1{}^2\right)$$

und dieser und der obige Werth von $p_3 - p_1$ geben, in (76) eingesetzt,

$$h\gamma = \frac{\delta}{2g}\left(\frac{n\,.\,2\,\pi}{60}\right)^2 \left[R_2{}^2\left(2 - \frac{q^2}{Q^2}\right) - R_1{}^2\right].$$

Wird hierin $\delta = 1{\cdot}25$, $g = 9{\cdot}809$ eingeführt und beiderseits mit $\gamma = 1000$ dividirt, so ergibt sich der Werth von h, dessen Zahlencoëfficient gleich $0{\cdot}000\,000\,7$ wird. Aus zahlreichen Versuchen schliesst jedoch Devillez[1]), dass dieser Werth auf

$$0{\cdot}000\,000\,523 = \frac{1}{1380^2}$$

zu reduciren sei. Ferner ist $Q = 3\,q$ bis $4\,q$ zu setzen und wird für diese beiden Werthe sehr nahe

$$2 - \frac{q^2}{Q^2} = 1{\cdot}9.$$

Man kann somit setzen

$$h = \left(\frac{n}{1380}\right)^2 (1{\cdot}9\,R_2{}^2 - R_1{}^2)$$

und hieraus folgt

1) Ventilation des mines, p. 222.

$$(78) \quad \ldots\ldots \quad R_2 = 0{\cdot}73 \sqrt{\left(\frac{1380}{n}\right)^2 h + R_1^2}.$$

Man ermittelt zuerst den Halbmesser R_1 der Eintrittsöffnung nach (33)

$$(79) \quad \ldots\ldots \quad R_1 = R_0 = 0{\cdot}564 \sqrt{\frac{M}{U_1}},$$

wobei M die Luftmenge in der Secunde und U_1 die mit 8 bis 10 m anzunehmende Eintrittsgeschwindigkeit der Luft bedeutet; dann setzt man die Umgangszahl n fest, ungefähr gleich 60, und bestimmt R_2 aus (78). Ueber die gebräuchlichen Halbmesser siehe die Bemerkung auf S. 22.

Die Breite b des Ventilators[1]) soll so angenommen werden, dass der Austrittsquerschnitt nicht zu ungleichseitig ausfällt, da sonst die Reibung der Luft vergrössert und deren Bewegung unregelmässiger wird. Sie darf daher nicht zu klein sein, damit sich die Weite s (s. unten) nicht gross ergibt, wobei die Luft nicht rasch genug abströmt. Gewöhnlich ist b gleich $^1/_2$ bis $^2/_3$ des Halbmessers, und zwar ist diese Verhältnisszahl selbst nicht abhängig von der Grösse des Halbmessers, wie die folgenden, wirklichen Ausführungen entnommenen Werthe zeigen:

Ventilator in	b m	R_2 m	$\frac{b}{R_2}$
Pemberton	4·5	7	0·64
Ushworth	3·65	7·3	0·5
Westfalen, mehrere Ausführungen	2·5	4·5	0·556
Frankreich „ „ . . .	1·7	3—4	0·57—0·43

Die grosse Breite der Guibal-Ventilatoren ist ein Uebelstand, weil das Rad wegen derselben verhältnissmässig schwer wird. Murgue empfiehlt daher mehrere am Umfange des Rades zu vertheilende kleinere Blaseöffnungen mit Schlot, oder den Harzé'schen Auslaufraum anzuwenden.[2])

Aus der Breite b ergibt sich die theoretische Weite s der Schützenöffnung (Fig. 64)

$$s = \frac{M}{b v_2};$$

erfahrungsmässig ist das Doppelte zu nehmen, daher

$$(80) \quad \ldots\ldots \quad s = \frac{2M}{b v_2}$$

zu setzen, welche Dimension übrigens mittels der Schütze regulirt werden kann. Der Werth von v_2 in diesem Ausdrucke ergibt sich aus (77).

1) Siehe die Anmerkung bei Dinnendahl's Ventilator.

2) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 715.

Bei jeder Umdrehung tritt eine zur Radachse concentrische Luftschicht von dem äusseren Halbmesser R_2 und der Dicke s aus dem Rade, und da s kleiner ist als $R_2 - R_1$, so verbleibt die Luft während mehr als einer Umdrehung im Rade und rückt nur allmälig gegen aussen vor.

Der Austrittsquerschnitt des Schlotes soll nach Devillez viermal so gross als die theoretisch ermittelte Schützenöffnung sein; die Weite des Schlotes wird constant gleich der Breite b genommen, daher die Dimension S (Fig. 64)

$$(81) \quad S = \frac{4\,M}{b\,v_2} = 2\,s$$

zu setzen ist. Die eine innere Seitenwand des Schlotes soll vertical, die andere unter 8^0 geneigt sein und daher auf je 1 m Höhe um 0·14 m zurücktreten; mithin wird die Höhe L des Schlotes

$$(82) \quad L = \frac{S - s}{0{\cdot}14} = 7\,(S - s) = 7\,s.$$

Die Austrittsgeschwindigkeit U_3 der Luft ergibt sich

$$(83) \quad U_3 = \frac{M}{b\,S}$$

und hiernach lässt sich aus (45) der entsprechende Effectverlust bestimmen.

Die Flügelzahl wird bis zu 12 m Durchmesser gleich 8, bei noch grösseren Ventilatoren gleich 10 genommen. Bei kleinerem Durchmesser, etwa unter 7 m, findet man auch blos 6 Flügel angewendet.

Das Verhältniss zwischen der reinen Nutzleistung und der indicirten Arbeit der Dampfmaschine stellt sich nach Devillez mit der Leistung wachsend, und zwar für Luftmengen von 8 bis 30 m^3 in der Secunde gleich 0·38 bis 0·56; bei mehr als 30 m^3 steigt dasselbe auch bis über 0·60. Hiernach kann die Stärke der Kraftmaschine berechnet werden, doch ist dieselbe zur Vorsicht um $1/_3$ grösser zu nehmen, als nach der gemachten Angabe.

Beispiel. Es sei wieder, wie auf S. 33, $M = 50\,m^3$, $h = 0{\cdot}15$ m Wasser, $U_1 = 8$ m; sind zwei Saugöffnungen vorhanden, so wird nach (79) rund

$$R_1 = 1\,\text{m}.$$

Nimmt man $n = 60$, so folgt aus (78)

$$R_2 = 0{\cdot}73 \sqrt{\left(\frac{1380}{60}\right)^2 0{\cdot}15 + 1^2} = 6{\cdot}5\,\text{m},$$

also schon ziemlich gross. Die Umfangsgeschwindigkeit v_2 wird nach (77)

$$v_2 = \frac{60\,.\,2\,.\,6{\cdot}5\,\pi}{60} = 40{\cdot}8\,\text{m}.$$

Die Breite b kann gleich 3 m gesetzt werden und dann folgt aus (80)

$$s = \frac{2\,.\,50}{3\,.\,40{\cdot}8} = 0{\cdot}8\,\text{m},$$

aus (81) und (82)

$$S = 2s = 1{\cdot}6\,\text{m},$$

$$L = 7s = 5{\cdot}6,\ \text{rund } 6\,\text{m}.$$

Die Austrittsgeschwindigkeit an der Schlotmündung wird nach (83)

$$U_s = \frac{50}{3.1{\cdot}6} = 10{\cdot}4\,\text{m},$$

der Effectverlust e nach (45)

$$e = \frac{\overline{10{\cdot}4}^2}{15700.0{\cdot}15} = 0{\cdot}046,$$

also verhältnissmässig gering.

Bei 60 Proc. Wirkungsgrad wird die indicirte Leistung der Dampfmaschine gleich

$$\frac{Mh\gamma}{0{\cdot}6.75} = \frac{50.0{\cdot}15.1000}{0{\cdot}6.75} = 167 \text{ Pferdekr.},$$

wofür zur Sicherheit 200 zu nehmen wäre.

Aenderungen im Betriebe. Die gleichwerthige Oeffnung (S. 11), daher auch das Verhältniss der Luftmenge M zur Quadratwurzel aus der Depression h ist für eine gegebene Grube eine constante Grösse, d. h. M ist der $\sqrt{h}$ proportional. Da aber bei einem Ventilator mit radial auslaufenden Flügeln nach (30) auch die Umfangsgeschwindigkeit v_2 der Wurzel aus h proportional ist, so ändern sich M und mithin die relative und absolute Geschwindigkeit der Luft gleichzeitig mit v_2 und n, der Eintritt der Luft erfolgt bei dem nach (38) berechneten Schaufelwinkel α_1 stets ohne Stoss, ob nun der Ventilator rascher oder langsamer umgeht.

Wie auf S. 10 nachgewiesen, ist für eine gegebene Grube die Betriebskraft der dritten Potenz der Luftmenge proportional, so dass eine Vermehrung der letzteren nur durch einen unverhältnissmässig grossen Aufwand an Betriebskraft erkauft werden kann.

Im Allgemeinen arbeitet der Ventilator nur bei einer bestimmten Grösse der gleichwerthigen Oeffnung a oder des Verhältnisses zwischen M und $\sqrt{h}$ am günstigsten. Wenn also a einen anderen als diesen dem günstigsten Gange entsprechenden Werth annimmt, so sinkt der Wirkungsgrad, indem dann Pressung und Luftmenge in ein anderes Verhältniss treten.

Bei Aenderung von a stellen sich aber folgende Aenderungen der Betriebsverhältnisse ein:

1) Wird die gleichwerthige Oeffnung a auf

$$a_1 = \alpha a$$

vermindert, wobei α kleiner als 1 ist, d. h. wird der freie Querschnitt der Grube in irgend einer Art verkleinert, so gehen Luftmenge M und Depression h in M_1 und h_1 über und es wird

$$\frac{M_1}{\sqrt{h_1}} = \alpha \frac{M}{\sqrt{h}},$$

$$\frac{M_1}{M} = \alpha \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h}}.$$

Wird dabei die Betriebskraft nicht geändert, so ist

$$M_1 h_1 \gamma = M h \gamma,$$

(84) . . . . $$\frac{M_1}{M} = \frac{h}{h_1},$$

und diese Gleichung gibt, mit der vorigen combinirt,

$$\alpha \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h}} = \frac{h}{h_1},$$

(85) . . . . $$h_1 = \frac{h}{\sqrt[3]{\alpha^2}},$$

es wird also die Depression grösser; ferner wird wegen (84) und (85)

(86) . . . . $$M_1 = \frac{h}{h_1} M = \sqrt[3]{\alpha^2} M,$$

somit die Luftmenge kleiner. Zur Erzeugung der grösseren Depression ist aber eine grössere Umfangsgeschwindigkeit nothwendig, es wächst daher v_2. Ungeachtet dieser grösseren Geschwindigkeit wird also die Luftmenge, mithin auch U_1 kleiner, der Eintritt der Luft in das Rad erfolgt mit einem Stoss. Hierin ist auch am deutlichsten der Unterschied gegen Volum-Ventilatoren ausgeprägt, bei welchen durch Verminderung von a zwar ebenfalls h vergrössert, M verkleinert wird, zugleich aber die Geschwindigkeit abnimmt, indem diese stets der Luftmenge proportional ist.

Soll bei der verengten Grube wieder die gleiche Luftmenge M wie früher durchströmen, so muss der Gang noch weiter beschleunigt werden, so dass eine noch stärkere Depression h_2 entsteht, und es muss, da die gleichwerthige Oeffnung α mal so gross ist, als ursprünglich,

$$\frac{M}{\sqrt{h_2}} = \alpha \frac{M}{\sqrt{h}},$$

$$h_2 = \frac{h}{\alpha^2}$$

sein. Der nun nothwendige Betriebseffect wird theoretisch

$$M h_2 \gamma = \frac{M h \gamma}{\alpha^2},$$

also $\frac{1}{\alpha^2}$ mal grösser als ursprünglich, in der That aber erhält derselbe einen noch höheren Werth, weil bei dem geänderten Betriebsverhältnisse der Wirkungsgrad sinkt.

Wird die Grube ganz gesperrt, also die gleichwerthige Oeffnung auf Null reducirt, und an der Betriebsmaschine nichts geändert, so läuft der Ventilator immer schneller um, bis er die Geschwindigkeit erreicht, bei welcher die Betriebskraft durch die Nebenhindernisse aufgezehrt wird; er erzeugt dann die grösste bei dieser Betriebskraft durch ihn erreichbare Depression.

2) Wenn dagegen die gleichwerthige Oeffnung vergrössert wird, so nehmen Luftmenge M und Depression h bei ungeänderter Betriebskraft Werthe M_1 und h_1 an, welche wieder durch (85) und (86) ausgedrückt erscheinen, wobei jedoch α grösser als 1 wird. Es ergibt sich somit eine kleinere Depression und eine grössere Luftmenge. Dadurch hat man ein Mittel, bei Ventilatoren, welche bei der grössten verfügbaren Betriebskraft nicht genug Luft ansaugen, die Menge der letzteren zu vergrössern; man erweitert die Grube oder erleichtert das Durchströmen der Luft durch dieselbe. Dies ist wieder eine Eigenthümlichkeit der Centrifugal-Ventilatoren, während sich bei Kolbenmaschinen durch Erweiterung der Grube die Luftmenge nicht vermehren lässt, denn diese hängt nur von der Anzahl der Kolbenspiele ab und kann, wenn letztere ihr Maximum erreicht hat, nicht weiter gesteigert werden.

II. Bau der Centrifugal-Ventilatoren.

In diesem Abschnitte soll zuerst die Construction der Ventilatoren im Allgemeinen, deren Betriebsmaschine, Einbau, die Regulirung des Ganges u. s. w. besprochen werden, dann folgt die Beschreibung ausgeführter Centrifugal-Ventilatoren. Von den letzteren werden nur jene erwähnt, welche zur Ventilation von Gruben bereits benützt oder mindestens vorgeschlagen wurden; bezüglich der sonstigen, welche wohl grossentheils auch als Wettermaschinen verwendbar wären, sei auf die betreffenden Werke, namentlich des Verfassers „Hüttenwesensmaschinen" nebst Supplement verwiesen.

Allgemeine Constructionsregeln. Die Luft in den Grubenräumen hat erfahrungsmässig nur ein geringes Beharrungsvermögen. Wenn der Ventilator ausser Gang gesetzt wird, so nimmt die Depression nach kurzer Zeit so bedeutend ab, dass nur mehr der natürliche Wetterzug bleibt. Besonders in Gruben, welche schlagende Wetter enthalten, sammeln sich dann die schädlichen Gase an. Es ist daher jede Unterbrechung im Betriebe thunlichst zu vermeiden, namentlich wenn kein Reserve-Ventilationsapparat zur Verfügung steht, und es sollen mithin die Wettermaschinen solid und dauerhaft hergestellt werden.

Bei der Construction ist ferner auf möglichste Beseitigung der Quellen zu Effectverlusten zu achten. Die darauf abzielenden Einrichtungen, welche zum Theil schon berücksichtigt wurden, und auf welche später noch mehrfach zurückgekommen wird, sind im Folgenden angeführt.

1) Der Ventilator soll den Verhältnissen der Grube thunlichst angepasst sein (S. 23). Für weite Gruben eignen sich grosse Ventilatoren mit kleiner Tourenzahl, für enge und mittlere die kleineren, schnelllaufenden Räder mit Umsetzung.

2) Um die Reibung der Luft herabzusetzen, ist die Geschwindigkeit derselben, und zwar die absolute in den Zu- und Abführungskanälen, sowie die relative innerhalb des Rades selbst nicht zu gross anzunehmen. Auch ist es vortheilhaft, wenn die radiale Dimension

$R_2 - R_1$ eine mässige ist, da sonst die Länge der Kanäle und der Reibungsverlust in denselben zunimmt.

3) Plötzliche Querschnitts- und Richtungsänderungen der Luft sind thunlichst zu vermeiden. Der Saugkanal ist durch eine allmälige Krümmung in die horizontale, zum Anschluss an den Ventilator erforderliche Richtung überzuführen. Wenn diese Krümmung zu scharf ist, wird die Luft gegen die convexe Seite gedrängt und strömt daher nur an einem Theil der Innenseite des Rades ein, wie Fig. 48 versinnlicht.

Die Luft muss innerhalb des Rades eine drehende Bewegung erhalten; bei den gewöhnlichen Ventilator-Constructionen wird zu diesem Zwecke der parallel zur Achse zuströmenden Luft zuerst eine radiale Richtung ertheilt, sie tritt mit dieser Richtung in das Rad ein und erhält durch dessen Flügel die drehende Bewegung.

Was die radiale Ablenkung betrifft, so strömt (Fig. 48) die Luft gegen die Rückwand *b* des Rades und erfährt dort eine plötzliche Richtungsänderung, welche durch einen Einlaufkegel *k* zu beseitigen ist. Sind zwei Saugöffnungen bei *a* und *b* vorhanden, so treten beide Luftströme gegen einander und stören sich in der Bewegung; es sind dann zwei an der Basis zusammenstossende Kegel erforderlich.

Eine an die gemeinschaftliche Basis dieser Kegel sich anschliessende, zur Ventilatorachse senkrechte und bis in den Flügelraum reichende Scheidewand erweist sich dagegen als nicht vortheilhaft. Eine einzige Saugöffnung ist günstiger für den Effect, als deren zwei von derselben Gesammtgrösse.[1])

Wegen allmäliger Richtungsänderung der Luft ist es ferner vortheilhaft, nach Fig. 46 (S. 24) den inneren Halbmesser des Rades grösser als den des Saugrohres zu machen, nur wird das Rad dadurch schmäler; aus diesem Grunde soll wieder die Dimension R_1 nicht zu gross sein. Damit die Luft ohne Stoss zwischen die Flügel eintrete, müssen diese am inneren Ende die richtige Neigung besitzen (S. 24).

Bei Kraft's Ventilator wird die tangentiale Ablenkung durch einen concentrisch im Innern des Rades angebrachten Leitapparat mit entsprechend geformten Schaufeln, ähnlich dem Leitrade einer Fourneyron-Turbine, erleichtert.

---

1) Die letzteren Sätze sind das Resultat von Versuchen, welche von Ochwadt mit Dinnendahl'schen Ventilatoren ausgeführt wurden (Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 278). Ueber die durch unvortheilhafte Zuführungsart der Luft verursachten Verluste an Depression siehe auch die Versuche von Joh. Mayer, Oesterr. Zeitschr. 1882, S. 190 u. 242, ferner Otto in Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 161, Geisler, Zeitschr. deutscher Ing. 1885, 29. Bd., S. 221, und Althans, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 234.

Pelzer's und Kley's Ventilatoren lenken die Luft nicht erst aus der axialen in die radiale Richtung ab, sondern ertheilen derselben schon vor dem Eintritt in das eigentliche Flügelrad die drehende Bewegung, welche durch die Flügel verstärkt wird; die dabei auftretende Fliehkraft erzeugt die radiale Bewegungs-Componente, vermöge welcher die Luft das Rad durchströmt. Die Drehung aber erhalten die Lufttheile beim Pelzer'schen Ventilator durch die „Schöpfschaufeln", welche den Leitschaufeln einer Jonval-Turbine ähnlich, jedoch am Rade fest sind, beim Kley'schen durch tangentiale Einmündung des Saugkanales am inneren Umfange des Rades.

4) Die Wirbelbildung hinter den Flügeln (S. 18) soll beseitigt werden. Dies erfolgt bei Guibal's Ventilator durch ein den Flügelraum eng umschliessendes Gehäuse (S. 47), bei mehreren anderen Arten durch Verengung des Flügelraumes gegen aussen (S. 38), wie bei Kley's, Stevenson's und Geisler's Ventilator; am stärksten ist diese Verengung bei Colson's Ventilator. Bei Lambert's Ventilatoren ist zum gleichen Zwecke nach Fig. 49 an jedes Flügelende hinten eine Wand angeschlossen oder die Luft tritt blos durch einen Spalt aus, welcher sich in der Mitte einer den Flügelraum umschliessenden cylindrischen Hülle befindet. Bei Aland's Ventilatoren soll durch eine später beschriebene Einrichtung der Raum hinter den Flügeln selbst noch zum Ansaugen von Luft benützt werden.

5) Die Umfangsgeschwindigkeit soll möglichst klein sein, damit Tourenzahl oder Durchmesser nicht zu gross ausfallen. Mittel dazu sind vorwärtsgekrümmte Flügel, wie solche bei den Ventilatoren von Ser, Winter und Kley vorkommen.

6) Die absolute Geschwindigkeit, mit welcher die von einem saugenden Ventilator ausgeblasene Luft ins Freie strömt, ist möglichst zu ermässigen. Zu diesem Zwecke werden die Flügel zurückgeneigt, wobei jedoch (S. 40) die erforderliche Umfangsgeschwindigkeit steigt, daher eine solche Flügelconstruction, welche u. A. der Combes'sche und von neueren namentlich der Capell'sche Ventilator zeigt, nur bei geringer Depression am Platze ist. Ferner dient hierzu die Umhüllung des Ventilators mit einem Gehäuse, an welches sich ein erweiterter Schlot anschliesst (S. 29), wie er zuerst bei Guibal's Ventilator zur Anwendung kam; zuweilen ist schon der durch eine Spirale begrenzte Auslaufraum in radialer Richtung erweitert (S. 28), wie bei Geisler's Construction. Rittinger bringt an dem sich drehenden Rade selbst einen ringförmigen Auslaufraum an, oder stellt einen „Diffuser" mit festen Wänden her (S. 44), wie auch Kraft bei seinem Turbinen-Ventilator. Bei Kley's neueren Ventilatoren ist das Rad concentrisch

von einem gegen aussen erweiterten Raume und dieser erst von der eigentlichen Auslaufspirale umgeben, welche constante Breite besitzt und in den erweiterten Schlot übergeht. Harzé endlich umgibt das Flügelrad mit einem Auslaufraume, der Leitcurven enthält, welche die Richtung der austretenden Luft mehr der radialen nähern und somit die Geschwindigkeit um so mehr herabsetzen.

Ein spiralförmig begrenzter Auslaufraum, an den sich ein Schlot mit constantem Querschnitt anschliesst, wie es auch bei einigen Ausführungen vorkommt, vermindert die Austrittsgeschwindigkeit nicht und kann nur etwa dadurch nützlich wirken, dass er die Wirbelbildung hinter den Flügeln vermindert (S. 31).

7) Der Ventilator soll, damit dessen Flügel sich zur Vermeidung von Rückströmungen möglichst nahe an den Gehäusewänden bewegen können, gegen Deformirungen und Aenderung seiner Stellung besonders bei grossen Dimensionen gesichert sein. Die Construction soll daher steif und wegen geringerer Belastung der Welle doch leicht, die Welle kurz und so stark sein, dass sie keiner Biegung unterliegt. Zur Verhinderung des Lockerwerdens ist die Nabe gut durch Tangentialkeile zu befestigen (wie bei Kley's Ventilator); ausserdem kann sie durch eine Stellschraube mit conischer Spitze oder einen quer durch die Welle gesteckten Keil gegen eine Längenverschiebung bewahrt werden. Auch sind bei kleineren Ventilatoren Schrauben zur genauen Einstellung der Welle sammt Rad in Verwendung.

Die Lagerschalen erhalten zur Verminderung der Ausreibung und der hiedurch eintretenden Senkung des Rades, sowie des Warmlaufens bei schnellgehenden Ventilatoren eine grössere Länge.

Transmission und Betrieb. Für die bei schnell umlaufenden Ventilatoren erforderliche Transmission sind Zahnräder nicht zweckmässig, weil dieselben Stösse verursachen; man benützt fast allgemein nur Riemen- oder Hanfseiltransmission. Die letztere hat eine ziemlich ausgedehnte Anwendung gefunden, doch wurden später mehrfach Einwendungen gegen dieselbe erhoben. Die Spannung der Seile wird allmälig ungleich, daher einzelne der ziehenden Seilstücke sich einsenken, die anderen stärker gespannt werden und reissen können. Zu Anzin wurde bei einem Ser'schen Ventilator die besprochene Transmission wegen der dabei sich ergebenden Anstände abgeworfen und durch eine solche mit Riemen ersetzt.[1]) In England ist nur Riemen-Umsetzung in Verwendung. Die Riemen sollen jedoch sehr sorgfältig und aus gutem Material angefertigt werden.

---

1) Comptes rendus de la soc. de l'ind. minérale, Mars 1866, p. 28.

Am Moselschacht bei Saarbrücken befindet sich ein Schiele'scher Ventilator von nur 0·8 m Durchmesser, welcher durch eine schnelllaufende Maschine ohne Umsetzung betrieben wird, die bis zu 400 Touren verrichtet.[1])

Kleine schnelllaufende Ventilatoren können mitunter auch vortheilhaft durch Turbinen[2]) ohne Umsetzung betrieben werden. Auch Dampfturbinen[3]) wurden mehrfach vorgeschlagen und verwendet, obgleich dieselben eine grosse Verschwendung an Dampf herbeiführen müssen.

Die Dampfmaschine hat die gewöhnliche Construction. Bei den ohne Umsetzung arbeitenden Dampfmaschinen der grossen Ventilatoren wird der Hub nahe gleich dem Durchmesser, da die mittlere Kolbengeschwindigkeit etwa 1·5 m beträgt und nur im Nothfalle auf etwa 2 m gesteigert werden darf. So hat die Maschine des Ventilators von 14 m Durchmesser auf Pemberton Colliery 36 Zoll Cylinderdurchmesser und einen ebenso grossen Hub.

Der Cylinder wurde früher stehend und ist jetzt meist liegend angeordnet. Der Ventilator von 14·5 m Durchmesser zu Bickershaw[4]) wird von einer horizontalen Compoundmaschine betrieben, deren Cylinder an beiden Enden der Welle liegen, 0·56 und 0·7 m Durchmesser und den gleichen Hub von 1·5 besitzen. Der kleine Cylinder ist mit Meyer'scher Expansion versehen.

Die Einrichtungen zum Schmieren sollen derartige sein, dass diese Arbeit während des Ganges verrichtet werden kann. Die Lager sollen daher bequem zugänglich und Alles gut beleuchtet sein; es ist aus diesem Grunde zweckmässig, wenn sich beide Lager ausserhalb des gemauerten Gehäuses befinden, nicht in den Saugöffnungen, wo sie überdies die Einströmung der Luft beeinträchtigen. Nur ergibt sich dann eine längere, der Einsenkung mehr ausgesetzte Welle.

Gehäuse und Saugkanal. Die Gehäuse der Ventilatoren werden bei kleineren Dimensionen aus Blech hergestellt, bei grossen gemauert und das Rad mit einem Gewölbe überdeckt. Damit die Mauer wenig Luft durchlässt, ist als Bindemittel am besten Cement zu verwenden.

---

1) Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1888, 36. Bd., S. 131.

2) Solche sind bei „Unterirdische Aufstellung“, dann bei „Separatventilation“ angeführt.

3) Vergl. v. Carnall's Vorschlag, Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preuss. Staate 1854, 1. Bd., S. 64; Ventilator mit Dampfturbine von Schwestka, „Erfahrungen u. s. w.“ 1863, S. 2, und von Brakell, Dingler's polyt. Journal 1870, 196. Bd., S. 181.

4) Annales des mines 1884, 8. Reihe, 5. Bd., S. 80.

Das Gewölbe ist jedenfalls aus Ziegeln herzustellen, während die Seitenmauern auch aus Hausteinen bestehen können. In der Mauer werden Einsteigöffnungen und am tiefsten Punkt des Gehäuses ein Abflussrohr für das aus der feuchten Grubenluft niedergeschlagene Wasser angebracht.

Auch bei einigen neueren, grossen Ventilatoren nach Guibal's Princip, dann bei solchen von Kley (z. B. bei dem Ventilator von 7 m Durchmesser auf der Grube Sulzbach bei Saarbrücken) ist der Obertheil des Gehäuses durch eine Hülle aus Blech ersetzt. Der gemauerte Theil reicht nur bis unter das Niveau der Welle, auf seiner Oberfläche liegt ein gusseiserner, das Rad und den Untertheil des Schlotes umgebender Rahmen, an welchem die obere Hälfte des Gehäuses und der Schlot, aus Blechplatten bestehend und durch T-Eisen verbunden und abgesteift, befestigt sind.

Der Saugkanal ist ebenfalls luftdicht auszuführen. Sind zwei Saugöffnungen vorhanden, so wird der Saugkanal entweder erst nahe dem Ventilator getheilt, oder schon beim Ausgang vom Wetterschacht, und es laufen Zweigkanäle zu den beiden Seiten des Ventilators. Der Schacht Emscher in Dortmund enthält zwei Wettertrümer, von welchen abgesonderte Kanäle zu den Saugöffnungen des Ventilators geführt sind.

Einbau. Sind in der Grube Explosionen schlagender Wetter zu besorgen, so wird der Ventilator am besten in 10 bis 20 m Entfernung vom Schachte aufgestellt, dessen Mündung einen leichten, dicht schliessenden Deckel erhält. Bei einer Explosion wird der letztere gehoben und lässt die Gase austreten, deren Stoss sonst den Ventilator erreicht und ihn betriebsunfähig machen kann. Diese Einrichtung ist besonders wichtig, da gerade nach einer Explosion der Ventilator angestrengt arbeiten soll. Wird aus dem Wetterschacht gefördert, so ist eine entsprechend construirte Abschlussvorrichtung[1]) für denselben nothwendig.

Neuerlich werden die Ventilatoren öfters unterirdisch aufgestellt, wodurch man insbesondere den Vortheil erreicht, dass der Wetter-Ausziehschacht oben keinen dichten Abschluss verlangt und daher leichter zur Förderung verwendet werden kann. Es eignen sich dazu auch gut blasende Ventilatoren, welche am Schachttiefsten eingebaut werden. Unterirdische Ventilatoren sind am besten schnelllaufend, daher in geringerer Dimension herzustellen, damit kein zu grosser Raum in der Grube ausgesprengt werden muss.[2])

1) Solche Vorrichtungen sind in des Verfassers „Fördermaschinen", 3. Aufl., S. 140 u. 242 angegeben. Eine neuere beschreibt Sedlak in Oesterr. Zeitschrift 1883, S. 299.

2) Vergl. Gräff in Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 234; Otto, ebendas. 1884, 32. Bd., S. 162.

Reserve. Zur Sicherheit des Betriebes ist es zweckmässig, wenn ausser dem neu aufgestellten Ventilator noch der früher benützte Apparat, der Wetterofen oder die Wetteresse u. s. w., stehen bleibt. Oft sind zwei Dampfmaschinen angeordnet, welche einander gegenüberliegen und jede mit der Kurbel an der Vorgelege- oder Ventilatorwelle verbunden werden können, wie es z. B. in der Saarbrückener Gegend, an einigen Orten Englands u. s. w. vorkommt.

Um den Betrieb nach Bedarf forciren zu können, wird dabei mitunter die Einrichtung getroffen, dass beide Maschinen sich auch gleichzeitig in Gang setzen lassen, wie z. B. beim Kley'schen Ventilator auf der Grube Sulzbach bei Saarbrücken, wo der Kurbelzapfen die genügende Länge besitzt, dass die Schubstangen beider Maschinen neben einander an demselben eingehängt werden können.

Zu Comberedonde[1]) sind, um eine gleichförmige Drehung zu erzielen, zwei unter 45° gegen den Horizont geneigte Cylinder angeordnet, welche im Uebrigen unvortheilhafte Einrichtung für den eventuellen Betrieb durch nur einen Cylinder entbehrlich ist, weil dann das Flügelrad eine für den gleichförmigen Gang hinreichende Schwungmasse besitzen muss.

Regulator. Zur Regulirung des Ganges kann man die Maschine mit einem Regulator versehen. Gegen die Anbringung eines solchen Apparates wendet man ein, dass er nur bei ungeänderter Form der Wetterwege dem Zweck entspreche, denn wenn der Querschnitt des Wetterstromes oder die gleichwerthige Oeffnung durch irgend eine Ursache, z. B. einen Bruch, verkleinert wird, so fängt nach S. 53 der Ventilator bei Mangel eines Regulators rascher zu laufen an, wodurch die Depression steigt und die Luftmenge nicht so sehr vermindert wird, als bei gleichbleibender Geschwindigkeit. Der Regulator lässt aber diese grössere Geschwindigkeit nicht zu und so ergibt sich eine grössere Abnahme der Luftmenge.[2])

Dagegen wird von Desailly[3]) eine Einrichtung vorgeschlagen, um durch den Wetterstrom selbst den Gang des Ventilators reguliren zu lassen. In der Strecke ist ein Pendel aufgehängt, welches am unteren Ende eine senkrecht zum Luftstrom gestellte Scheibe trägt und durch dessen Stoss aus der vertikalen Stellung gebracht wird; je schwächer der Strom ist, um so mehr nähert sich das Pendel der vertikalen Stellung. Die Bewegung desselben wird durch elektrische Transmission auf die Expansionsvorrichtung der Maschine übertragen und somit der Gang der letzteren entsprechend abgeändert.

---

1) Bull. soc. ind. min. 1881, 10. Bd., S. 109.
2) Ebendas. 1877, 6. Bd., S. 316.
3) Ebendas. 1885, 14. Bd., S. 1073.

Von der Gesellschaft Marcinelle et Couillet rührt ein anderer Apparat her, welcher bloss den Einfluss des verschiedenen Luftdruckes auf die Ventilation auszugleichen bestimmt ist. Die genannte Gesellschaft hat einen Guibal-Ventilator aufgestellt, dessen Maschine mit Präcisionssteuerung versehen ist. Als Regulator dient ein Quecksilber- oder Aneroidbarometer, welches bei Aenderung des Luftdruckes auf die Expansions- oder Admissionsvorrichtung wirkt und somit den Gang des Ventilators beschleunigt oder verzögert. Dabei ist noch im Dampfzuleitungsrohr ein Regulirapparat für die Dampfspannung erforderlich, deren Schwankungen sonst den Gang mehr modificiren, als der Barometerstand. Bei vielen Gruben ist jedoch die Wirkung des verschiedenen Luftdruckes auf den Wetterzug wenig fühlbar, auch haben auf diesen oft andere Ursachen Einfluss, wie Aenderungen der gleichwerthigen Oeffnung und der Zusammensetzung der Grubenluft, daher man diesen Apparat als nicht recht praktisch bezeichnet.[1])

Eintheilung der Centrifugal-Ventilatoren. Eine rationelle Eintheilung der Centrifugal-Ventilatoren hat ihre Schwierigkeit darin, dass die für die Wirkungsart und die Construction charakteristischen Merkmale bei den einzelnen Ausführungen in der verschiedensten Art combinirt sind. Bei der folgenden Gruppirung wurden besonders die für das Princip bezeichnendsten Momente ins Auge gefasst.

Constante Breite, radial auslaufende Flügel: Rittinger, Dinnendahl.
Gegen aussen verengter Flügelraum: Geisler, Wagner, Schiele, Waddle, Stevenson, Brunton, Colson.
Vermeidung der Wirbelbildung hinter den Flügeln: Lambert, Aland.
Leitapparat für den Austritt: Harzé, Gendebien.
Intermittirender Austritt der Luft: Guibal, Beer.
Einlaufspirale: Kley.
Directe Umwandlung der zur Achse parallelen in die rotirende Bewegung: Pelzer, Moritz, Chagot, Duvergier.
Leitrad für den Einlauf: Kraft.
Vorwärtsgekrümmte Flügel: Ser, Winter, Gonther, Farcot.
Zurückgeneigte Flügel: Combes, Gallez, Tournaire, Letoret, Leverkus.
Abströmung der Luft in der Richtung der Achse: Audemar, Schwartzkopff.
Flügel mit unterbrochener Krümmung: Capell, Dieu.

1) Habets, Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 88; Rossigneux, Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 861.

In der hier erscheinenden Reihenfolge sind die Ventilatoren auch im Folgenden besprochen, nur ist der Dinnendahl'sche erst im Anschlusse an den Guibal'schen eingefügt, weil er eine mit diesem ganz ähnliche Construction, wenngleich eine verschiedene Wirkungsart zeigt.

Ventilator von Rittinger.

Einen saugenden Ventilator von Rittinger zeigen Fig. 1 in der Ansicht, 2 im Vertikalschnitte und 3 im Horizontalschnitte; Fig. 4 gibt das Detail des Rades. Dieses besteht aus einer gusseisernen Scheibe *a*, die mittels einer verrippten Nabe auf der Welle festgekeilt ist und einen Einlaufkegel bildet, welcher die Bewegung der durch das Saugrohr *s* einströmenden Lufttheile allmälig in eine radiale umwandelt. Die Flügel sind zwischen zwei ringförmigen Blechscheiben *d g* eingeschlossen, von welchen die eine *g* an die Platte *a* festgenietet ist. Die Flügel werden in der aus Fig. 4a ersichtlichen Form aus Blech geschnitten, gebogen, mit den an beiden Seiten vorragenden Zäpfchen in vorgebohrte Löcher der Scheiben *d g* Fig. 4 eingepasst und hierauf die Zäpfchen vernietet. Dadurch ist die Scheibe *d* mit den Flügeln und dem Rade zu einem Ganzen verbunden. Der Diffuser besteht aus zwei Bretterwänden *t*, welche an vertikalen Balken *p* Fig. 4 befestigt und mit Ausschnitten für die Scheiben *d g* versehen sind; der ringförmige Spalt zwischen den letzteren und den Wänden *t* wird möglichst schmal gehalten, um die Zuströmung der Luft von Aussen in den Diffuserraum, wo die Spannung kleiner ist als die atmosphärische, thunlichst zu vermeiden.

Der Ventilator saugt die Luft aus einem gemauerten Kanal, dessen Mündung durch das gusseiserne an der Mauer verankerte Rohr *s* armirt ist, und der sich allmälig bis auf den Querschnitt der zu ventilirenden Strecke erweitert. Um einen dichten Anschluss des Rades an das Saugrohr *s* zu erzielen, ist am Rade der Messingring *n* befestigt, der sich mit glatt abgeschliffener Aussenfläche an den ebenso appretirten Rand des Rohres *s* schliesst. Saugt der Ventilator aus einer Lutte, so kann an deren Mündung ein gusseisernes Rohr befestigt werden, das die Stelle von *s* vertritt.

Die Lagerschalen der Ventilatorwelle sind wegen geringerer Abnützung sowie zur Verhütung des Warmlaufens länger als gewöhnlich hergestellt, und aussen nach Kugelflächen geformt. Die Welle ist stärker als nach den Formeln für langsam gehende Torsionswellen ausgeführt.

In der Zusammenstellung Fig. 1 bis 3 erscheinen die Wände *t t* des Diffusers, die Grundplatte *p*, welche mit den Lagern der Welle aus einem Stück gegossen ist, und die Vorrichtung, durch welche das Ventilatorrad

möglichst nahe dem Saugrohr gestellt, jedoch ein wirkliches Andrücken und die daraus entspringende Reibung vermieden werden kann. Die Welle ist nämlich in ihren Lagern horizontal verschiebbar und wird durch eine Schraube *q*, welche in Muttergewinden eines festen Bügels geht, dem Saugrohr *s* genähert, während die Feder *f* das zu starke Anpressen hindert. Diese Feder darf schon aus dem Grunde nicht zu schwach sein, weil der Ueberdruck der äusseren über die angesaugte Luft das Rad gegen den Saugkanal zu bewegen sucht. Die beschriebene Vorrichtung hat sich nicht überall bewährt, indem es vorkommt, dass die Stellschraube sich in das Wellenende excentrisch einreibt und ein Seitendruck auf das Lager entsteht.

Ein anderer solcher Ventilator von einer in der Ostrauer Gegend mehrfach verwendeten Construction ist durch Fig. 5 und 6 dargestellt.[1]) Um die Transmission zu vermeiden, erhielt das Flügelrad einen Durchmesser von 4 m, wobei zur Erzielung der gewünschten Depression von 0·08 m Wasser eine theoretische Tourenzahl $n = 120$ genügt. Die Luftmenge beträgt 12 m^3 in der Secunde. Wegen leichteren Transportes ist das Rad aus zwei Hälften zusammengesetzt, welche durch die Flantschen *f* und heiss aufgezogene Ringe *r*, ferner, sowie die Segmente der Kranzhälften unter sich, durch an den letzteren festgenietete Blechstreifen *b* verbunden sind. Ein bei *n* am Rade befestigter Ring stellt die Dichtung gegen das Saugrohr *s* her, an welchem der aus dem Querschnitte Fig. 7 ersichtliche Lagerstuhl *t* für den einen Zapfen der Ventilatorwelle angegossen ist. Die Flügel sind an den Rändern umgebogen und mit den Kranzscheiben vernietet, da die Befestigung durch kleine an den Flügeln befindliche Blechzapfen sich als für so grosse Ventilatoren nicht genug solid erwies. Auch wird empfohlen, behufs steiferer Verbindung einzelne Schaufeln aus stärkerem Bleche anzufertigen und durch Winkeleisen mit den Kränzen zu verbinden.

Fig. 8 und 9 zeigen die Aufstellung dieses Ventilators. Derselbe wird ohne Umsetzung von der stehenden Dampfmaschine *d* bewegt; das zweite Lager der Welle befindet sich auf dem Ständer t_1. Der Diffuser, welcher das Rad umgibt, hat nur eine geringe Ausdehnung.

Der Ventilator ist in einem Holzbaue neben einer Wetteresse *w* aufgestellt, welche für die Ventilation nicht mehr genügte; dieselbe ist durch ein Gewölbe abgeschlossen, und ein im Mauerwerke ausgebrochener Kanal stellt die Verbindung mit dem Saugrohre des Ventilators her. Diese bei mehreren mit Essen versehenen Schächten ge-

1) Derselbe ist vom dortigen Maschinen-Inspector Herrn Sauer ausgeführt. „Erfahrungen" 1870, S. 13.

troffene Einrichtung gewährt den Vortheil, dass sie wenig Raum und Anlagekosten beansprucht, und dass bei einer etwaigen Störung im Betriebe der Maschine die Wetteresse leicht wieder zur Ventilation verwendbar zu machen ist.

Die Rittinger'schen Ventilatoren sind ausser in Oesterreich auch in mehreren Gegenden Deutschlands zur Anwendung gekommen. Von Rittinger selbst wurden Versuche mit denselben ausgeführt, von deren Ergebnissen folgende hervorgehoben werden sollen[1]:

		Saugender Ventilator	Blasender Ventilator
Durchmesser	m	2	1·6
Breite	m	0·15	0·09
Grösster Wirkungsgrad		0·22	0·32
Dabei Luftmenge pro Min.	m^3	113	42·6
„ Depression	m	0·044	0·49
„ Tourenzahl		275	950
Manometrischer Wirkungsgrad		0·51	0·77

Der saugende Ventilator besass einen Auslaufraum mit parallelen Wänden, der blasende ein Gehäuse. Der manometrische Wirkungsgrad, d. i. das Verhältniss der bei geschlossenem Saug-, beziehungsweise Blaseraume sich ergebenden zur theoretischen Depression, ist beim blasenden Ventilator bedeutend grösser. Dies ist dem sehr verschiedenen Werthe von h, zum Theil auch dem Umstande zuzuschreiben, dass der saugende Ventilator nur Auslaufwände besass, welche mehr Wirbel zulassen, als ein geschlossenes Gehäuse.

Der mechanische Wirkungsgrad ist gering. Die Ursache davon scheint theilweise darin zu liegen, dass die Luft lange, verhältnissmässig enge Kanäle mit grosser Geschwindigkeit zu passiren hat, so dass ein bedeutender Verlust durch Reibung entsteht. Die Radkanäle haben bei der grossen Flügelzahl und der geringen, für die kleine Luftmenge sich ergebenden Breite besonders an der Eintrittsseite einen kleinen Querschnitt; bei grösserer Luftmenge und Radbreite dürfte auch der Wirkungsgrad höher steigen.

Dass die Luftreibung von besonderem Einflusse auf den Effect sei, zeigt sich aus dem Vergleiche des in obiger Tabelle angeführten saugenden Ventilators mit einem anderen, der nur 1 m äusseren Durchmesser hatte und im Uebrigen ganz gleich construirt war. Die radiale Dimension des Flügelraumes war bei demselben 0·5—0·3 = 0·2 m, bei dem in der

1) Rittinger, Theorie der Ventilatoren u. s. w., S. 201, 206 und 238.

Tabelle angeführten 1 — 0·3 = 0·7 m; der erstere ergab den grössten Wirkungsgrad 0·29, der letztere, bei welchem die Luft im Rade einen bedeutend längeren Weg zurückzulegen hatte, nur 0·22.

Ferner sind der Saugrohr- und der innere Radhalbmesser gleich gross, die Breite ist nur die theoretische, daher beim Eintritt in das Rad der Luftstrom plötzlich abgelenkt und stark verengt wird. Auch ist nicht zu übersehen, dass die Eintrittswinkel α_1 nicht nach der wirklichen, sondern nach der theoretischen Tourenzahl und Luftmenge ausgeführt sind, daher der Eintritt der Luft in das Rad mit einem Stosse stattfand.

Endlich ist ein offener Auslaufraum auch für den Wirkungsgrad weniger günstig als ein geschlossener. So erhöhte nach Joh. Mayer's Versuchen bei einem Ventilator von 3 m Durchmesser der Auslaufraum, dessen geradlinige Ränder von der Radachse 4·5 m abstanden, den Wirkungsgrad nur um $2^1/_2$ Proc. Nach Rittinger's Versuchen dagegen sank allerdings nach Beseitigung der Auslaufwände der Wirkungsgrad beim Ventilator mit 2 m von 0·22 auf 0·17, bei dem mit 1 m von 0·29 auf 0·15. Beim ersteren hatte der Auslaufraum, vom Rade an gemessen, eine geringere radiale Weite, daher dessen Beseitigung die Leistung nicht so sehr verminderte.

Von den Ventilatoren in obiger Tabelle war der saugende auf 0·04 m Depression und 168 m³ Luft in der Minute, der blasende auf 0·8 m Depression und 60 m³ Luft berechnet. Das Verhältniss m der für diese Leistungen erforderlichen Tourenzahl zur theoretischen betrug beim saugenden Ventilator von 2 wie bei dem von 1 m Durchmesser

$$m = 1{\cdot}77,$$

während beim blasenden sich

$$m = 1{\cdot}31$$

ergab, welche Ziffern mit den manometrischen Wirkungsgraden im Einklange stehen.

Ventilator von Geisler.

Der Ventilator von Geisler, welcher auf Taf. II dargestellt ist, zeichnet sich durch sorgfältig construirten Ein- und Auslauf für die Luft aus. Eine allmälige Ablenkung des Luftstromes von der achsialen in die radiale Richtung ist dadurch erzielt, dass der innere Halbmesser des Rades grösser als der des Saugkanales genommen ist, so dass der Rand des letzteren abgerundet werden kann. Der Wirbelbildung wirkt die Verengung des Flügelraumes gegen aussen, sowie die grosse Zahl Flügel, bei welcher der Abstand der äusseren Flügelenden klein wird, entgegen. In dieser Beziehung dürfte etwas zu weit gegangen sein; die Flügelzahl z entspricht nahe der Rittinger'schen Regel $z = 30\,R_2$, welche bei so

grossem Raddurchmesser Kanäle von im Verhältniss zu ihrer Länge geringer Weite ergibt, daher die Reibung der Luft grösser wird.

Die Geschwindigkeit der Luft wird schon in dem spiralförmig begrenzten Auslaufraume durch Erweiterung desselben in radialer Richtung, dann noch durch einen Schlot ermässigt.

Der Ventilator auf Taf. II ist für 2500 m³ Luft pro Minute und 100 mm Depression, mit 3·5 m äusserem Durchmesser construirt. Das Detail ist aus Fig. 17 und 18, dann aus den in grösserem Massstabe gezeichneten radialen Schnitten des Flügelraumes Fig. 21 und 22 zu entnehmen. Auf der Welle ist der Muff *m* festgekeilt und an diesem eine ebene, volle Blechscheibe *a* angenietet. Die aussen radialen, innen zurückgeneigten Flügel sind mit der Scheibe *a* durch ununterbrochen fortlaufende, und mit einer dünneren, schwach conischen Blechscheibe durch 3 kurze Stücke Winkeleisen verbunden. In Fig. 18 sind Flachschienen *f* ersichtlich, welche die zwei Hälften der Scheibe *a* vereinigen.

Nach Fig. 17 dient das ausserhalb der Nabe *m* befindliche Wellenende nur zur Befestigung des Einlaufkegels und ist deshalb schwächer gehalten. Der Kegel ist an der Scheibe *a* durch eine doppelte Reihe Nieten, aussen schwächere und innen stärkere, befestigt; an seiner schmalen Basis befindet sich eine einspringende Flantsche, welche auf einen den Raum bis zur Radnabe ausfüllenden Muff passt. Zwischen diesem Muffe und der Nabe ist noch ein Schmiedeisenring behufs genauer Stellung des Einlaufkegels gegen die Nabe *m* und Scheibe *a* eingelegt. Durch eine Schraubenmutter *n* mit Unterlegscheibe am Ende der Welle kann dann das Ganze fest angezogen werden, und es bildet der Einlaufkegel zugleich eine Versteifung für die Scheibe *a*.

Das Rad ist an der vom Saugkanale abgewendeten Seite nicht eingemauert, sondern ganz frei; infolge dessen ist eine Dichtung nicht blos bei *b* (Fig. 17), sondern auch bei *c* nothwendig, jedoch andererseits der Vortheil erreicht, dass das Rad behufs Reparatur leicht von seinem Platze entfernt werden kann. Zur Dichtung dienen zwei bei *b* und *c* durch Ankerschrauben an der Mauerung befestigte Gusseisenringe (vergl. Fig. 21 und 22) und zwei am Rade angenietete Schmiedeisenringe, welche an die fixen Gussringe mit genau abgedrehten Flächen passen. Wegen der Depression im Saugraume wird das Rad gegen die Saugöffnung gedrückt; um die wirkliche Berührung zu hindern und das Rad in die genau richtige Stellung zu bringen, ist am äusseren Lager *l* (Fig. 17) eine Stellvorrichtung für die innerhalb der Lagerschalen verschiebbare Welle angebracht.

Die Lager sind, wie aus dem Längenschnitte in Fig. 17, der Ansicht Fig. 23 und dem Querschnitte der Lagerschale Fig. 24 hervorgeht, nach

dem Sellers'schen System in dessen vollständigster Durchführung construirt. Die Lagerschalen sind ungetheilt, büchsenartig hergestellt, mit Weissmetall ausgegossen, mit zwei nach einer Kugelfläche abgedrehten Kränzen versehen und durch einen in die Schale eingeschraubten Stift, dessen untere Hälfte in eine Nuth am Lagerkörper eingreift, gegen Drehung gesichert. Die Büchse ist im Lager durch einen achsial eingeschobenen Deckel festgehalten, wodurch das Zusammenfallen der Mittelpunkte der Kugelflächen am Lagerkörper und am Lagerdeckel, welches die Beweglichkeit sichert, viel leichter erreichbar ist, als bei der gewöhnlichen Form der Sellers'schen Lager, welche in dieser Beziehung thatsächlich meist viel zu wünschen übrig lassen. Die Länge der Lagerschalen ist gleich dem vierfachen Wellendurchmesser.

Die Lager, unter welchen sich Gefässe zur Aufnahme des abtropfenden Oeles befinden, sind auf einem hohlen Lagerbock und dieser auf einem mit dem Fundament verankerten Rahmen befestigt. Fig. 19 zeigt den Lagerbock und Fig. 20 den Rahmen im Grundriss. Letzterer ist vom Ventilator weg verlängert und enthält zwei fortlaufende gehobelte Nuthen, in welche je zwei bearbeitete Ansätze *e* an der Unterfläche des Lagerbockes (in Fig. 19 punktirt angedeutet) eingreifen und die Köpfe der Befestigungsschrauben eingeschoben sind, so dass nach Lüftung der Muttern der Lagerbock sammt dem Flügelrade vom Saugkanal weggeschoben werden kann, was etwa vorzunehmende Reparaturen erleichtert. Die Ansätze *e* sichern die Befestigung in der richtigen Stellung.

Den Einbau des Ventilators zeigen Fig. 25 und 26. Das Gehäuse ist in Cement gemauert und hat vorne eine kreisförmige Oeffnung, durch welche der Ventilator, wie oben angegeben, herausgezogen werden kann. Um die Fundamentplatte, welche die Stütze des Rades bildet, dem letzteren möglichst nähern zu können, hat die Ummauerung der erwähnten kreisförmigen Oeffnung unten eine Lücke und wird das Gewölbe beiderseits von dieser Lücke durch zwei verankerte gusseiserne Widerlagen *d* gestützt, deren Construction aus Fig. 17 und 18 ersichtlich ist.

Der Auslaufraum (Fig. 26) ist durch drei aus den nächst der Achse befindlichen Mittelpunkten 1, 2, 3 gezogene, an den ebenso bezeichneten Punkten beginnende Kreisbögen begrenzt, der vor 1 liegende Theil durch einen Bogen von schärferer Krümmung. Der obere Theil dieser spiralförmigen Wand ist von einer Blechdecke gebildet, welche an gekrümmten, durch Bolzen mit den Seitenmauern verbundenen Winkeleisen angenietet ist. Vom untersten Theil des Auslaufraumes wird das Wasser durch ein Röhrchen in eine Vertiefung abgeleitet und kann von dort zeitweise ausgeschöpft werden. Auf das gemauerte Gehäuse ist oben der erweiterte, aus Blechtafeln bestehende Schlot aufgesetzt.

Der Ventilator ist nebst dem Saugkanal halb in die Erde versenkt, wobei die Sohle des Maschinenraumes höher liegt als die des Ventilatorraumes. Bequemer wird nach Geisler die Anordnung, wenn der gerade Theil des Saugkanales aus Blech hergestellt ist und ganz frei liegt; dann kann die Betriebsmaschine auf gleiche Sohle mit dem Ventilator gelegt werden.

Aus einer von Geisler angegebenen Tabelle[1]) folgt, dass für dessen Ventilatoren die Umdrehungszahl n pro Minute

$$n = \frac{1500}{R_2}\sqrt{h}$$

angenommen wird, wobei R_2 den Halbmesser in Metern und h die Depression in Metern Wasser bedeutet; das Verhältniss m der wirklichen zur theoretischen Tourenzahl ist dabei gleich 1·78. Für die untenstehenden Luftmengen M sind die beigesetzten Durchmesser $D = 2\,R_2$ angenommen.

$M =$	10	15	20	25	30 m³
$D =$	1·44	1·76	2·03	2·28	2·50 m.

Das Verhältniss der reinen Leistung des Ventilators zur indicirten Arbeit der Dampfmaschine fand Geisler bei einem auf der Roddergrube bei Brühl a. Rh. aufgestellten Ventilator gleich

$$\frac{69{\cdot}5}{134{\cdot}7} = 0{\cdot}52$$

und ermittelt hieraus unter der Annahme, dass 80 Proc. der indicirten Leistung an die Welle des Ventilators übertragen werden, für letzteren den Wirkungsgrad

$$\frac{0{\cdot}52}{0{\cdot}8} = 0{\cdot}65.$$

Bei neueren auf 0·6 Wirkungsgrad berechneten Anlagen fand sich, dass dieser Werth thatsächlich übertroffen wurde.

Der später besprochene unterirdische Ventilator der Shamrock-Grube hat ebenfalls 3·5 m Durchmesser und ist für $M = 50\,m^3$ in der Secunde bestimmt. Bei $n = 105$ bis 200 Umdrehungen ergaben sich Depressionen von 0·021 und 0·079 m Wasser, daher der Coëfficient $m = 1{\cdot}48$, also bedeutend günstiger als nach obiger Formel für n.

Wagner's Ventilator.

Die Construction dieses Ventilators entspricht zwar nicht ganz den Anforderungen der Theorie, indem die Flügel auch am inneren Umfange

1) Zeitschr. deutscher Ing. 1885, 29. Bd., S. 224.

nahe radial gerichtet sind und das Rad die Luft ins Freie ausbläst, doch ist dessen Detailconstruction in mancher Beziehung bemerkenswerth. Bei der grossen Umfangsgeschwindigkeit zeigt das Rad eine sehr solide Ausführung und das Gehäuse besitzt eine eigenthümliche Form.

Fig. 30 und 31 zeigen den Schnitt durch die Achse und die Ansicht, zum Theil den Querschnitt des Rades; Fig. 32 und 33 sind Schnitte nach *PQ* und *MN*. Das Rad hat 2·4 m äusseren und 1·2 m Durchmesser der Saugöffnung; die ebenen Flügel, 10 an der Zahl, besitzen eine geringe Neigung nach rückwärts und der Flügelraum ist gegen aussen verengt. Den Träger des Rades bildet eine auf der Welle festgekeilte Nabe, zwischen deren durch 9 Schrauben verbundenen zwei Theilen eine 15 mm starke Blechscheibe, in der Mitte für die Welle ausgeschnitten, eingeklemmt ist. Die Flügel sind durch Winkeleisen an beiden Seiten dieser Scheibe und ebenso aussen an zwei conischen Blechkränzen befestigt, welche letztere aus je zwei durch Laschen *l* (Fig. 31) verbundenen Theilen bestehen. Zur Versteifung der Flügel sind diese an der äusseren und inneren Seite mit Flacheisen *f* armirt, wie auch die Schnitte Fig. 32 und 33 zeigen. Die abwechselnden Flügel sind gegen die Achse zu verlängert und in Einschnitte am Umfang der Nabe eingesenkt. Die Ringe *r* am Rande der Saugöffnung dienen zur Abdichtung gegen das Gehäuse.

Von dem letzteren gibt Fig. 27 die Seitenansicht, zur Hälfte den Längenschnitt; Fig. 28 die Vorderansicht, zum Theil den Schnitt des Lagerstuhles *L*, wobei das Mauerwerk nach der Mittellinie der Fig. 27 durchschnitten ist; Fig. 29 den Grundriss der einen Gehäusehälfte ohne Obertheil. Die beiden Hälften des Gehäuses stossen unten in der Mittelebene des Flügelrades zusammen und sind durch 6 in Fig. 28 ersichtliche Schrauben verbunden; jede Hälfte besteht aus vier Wänden, einer conischen, das Flügelrad umgebenden *w*, dann zwei nach unten divergirenden *v* und einer verticalen Rückwand, an welche der Lagerstuhl *L* angegossen ist. Zwischen diesen 4 Wänden strömt die angesaugte Luft aus dem Wetterkanal zum Rade. Die conischen Hüllen *w* ragen entsprechend weit über die geneigten Seitenwände *v* hinaus und gehen in einen von beiden Gehäusehälften gebildeten Kanal *e* über, durch welchen die unten vom Rade austretende Luft ins Freie gelangt; damit deren Austritt ohne Hinderniss stattfinde, sind nächst den Mündungen dieses Kanales Ausschnitte im Mauerwerk angebracht, welche Fig. 28 und 29 zeigt. Die Seitenplatten *v* des Gehäuses ruhen unten mit zum Theil schräg niedergehenden Flantschen auf der entsprechend geformten Maueroberfläche.

Um eine gleichmässige und solide Lagerung der Welle zu erhalten, sind an beiden Seiten des Gehäuses je zwei Lager vorhanden; die zum

Betriebe dienende Riemenscheibe wird je nach örtlichen Verhältnissen zwischen dem einen oder dem anderen Lagerpaar aufgesteckt. Die Lagerstühle L zeigen zwischen beiden Lagern Vertiefungen, durch Seitenränder begrenzt, in welche durch Kanäle die von den Lagern abfliessende Schmiere geleitet wird.

Die Obertheile der Gehäuse bestehen aus einer conischen, die obere Radhälfte umgebenden und einer daran angegossenen gewölbten Wand; die Verbindung mit den unteren Gehäusestücken erfolgt durch die Flantschen ff. Nach Abnahme dieser Obertheile kann die Welle sammt Rad leicht ausgehoben werden.

Die beiden Gehäusehälften sind also nur im unteren Theil, längs der unter dem Kanal e (Fig. 28) befindlichen Wand zusammengehalten; es dürfte vortheilhafter sein, den sonstigen Umfang der conischen Gehäusewände, welche das Rad einschliessen, noch durch einige Stehbolzen zu verbinden.

Die Welle besteht aus Gussstahl und ist an beiden Endflächen gehärtet; die vier Lager haben je 0·5 m Länge, wodurch der Druck, sowie die Ausreibung sehr vermindert und das Warmlaufen verhütet wird. Die zweitheiligen gusseisernen Lagerschalen sind aussen cylindrisch und daher unbeweglich in den Lagerstühlen eingesetzt, nicht mit Kugelflächen versehen; nur bei cylindrischer Einpassung kann man die Lagerstühle gemeinsam ausbohren, wodurch allein das Zusammenfallen der geometrischen Achsen aller Lager gesichert ist. Die beiden äussersten Lager sind mit einer centralen Stellvorrichtung für die Achse versehen.

Die Aufstellung des Ventilators zeigen Fig. 34 bis 36. Das Flügelrad ist in einem hölzernen Anbau des gemauerten Maschinenraumes, unmittelbar über der rechteckigen Mündung des Wetterkanales, aufgestellt.

Zum Betriebe eines am Schacht Müllensiefen der Zeche Germania bei Marten aufgestellten Wagner'schen Ventilators von 2·1 m Durchmesser dient eine Dampfmaschine mit einem Cylinder von 0·45 m Durchmesser und 0·78 m Hub, welche mit 4 Atm. Dampfspannung arbeitet und die Bewegung durch zwei Riemenscheiben von 4 und 0·57 m Durchmesser (7 : 1) auf die Ventilatorwelle überträgt. In 8 m Entfernung vom Ventilator erhielt man im Schachte, der 4 m^2 Querschnitt besitzt, nach Angabe der Gewerkschaft Germania bei 448 Touren des Ventilators eine Depression von 80—90 mm Wasser und eine Luftmenge von 2044 m^3 in der Minute. Hiermit wird der Coëfficient m in (31) gleich 1·85, also gross, was hauptsächlich dem Mangel eines Auslaufraumes zuzuschreiben ist.

Es würde übrigens keinem Anstande unterliegen, den Wagner'schen Ventilator mit einem Gehäuse auszustatten, was ohne Zweifel eine be-

deutende Steigerung der Depression zur Folge hätte. Zu diesem Zwecke könnte man an den äusseren Umfang der conischen, beiderseits vom Rade befindlichen Gehäusewände ebene Wände anschliessen, welche aussen durch Spirallinien begrenzt und mit gegeneinander gekehrten Flantschen versehen sind; auf diese Flantschen wäre eine spiralförmig gekrümmte, ringsherum laufende Blechwand festzuschrauben und dort, wo diese Wand am weitesten vom Rade absteht, der Schlot anzubringen.

Schiele's Ventilator.

Von Schiele's Maschinenfabrik in Frankfurt werden zahlreiche Ventilatoren für andere Zwecke, dann auch solche für Gruben geliefert. Dieselben sind in England viel verwendet und gehören zu den kleinen, mit grösserer Tourenzahl betriebenen. Das Rad ist in der Mitte durch eine zur Welle senkrechte Scheibe in zwei Hälften getheilt, der Flügelraum durch zwei seitliche ringförmige Platten begrenzt und gegen aussen verengt. Die Luft tritt vom Radumfange in ein stark erweitertes Spiralgehäuse und von dort durch einen Schlot ins Freie. Die Flügel sind ähnlich denen des Winter'schen Ventilators geformt. Das Rad hat 1·6 bis 4·5 m Durchmesser und verrichtet 150 bis 300 Touren.[1]) Wegen geringerer Dimensionen und Kosten wird der besprochene Ventilator in England oft denen von Waddle und Guibal vorgezogen.

Ingenieur Merfyn hat Versuche mit 8 Schiele-Ventilatoren angestellt und den manometrischen Wirkungsgrad gleich 0·239 bis 0·376, im Mittel gleich 0·304, das Verhältniss der reinen zur indicirten Dampfmaschinen-Arbeit gleich 0·42 bis 0·66, im Mittel gleich 0·55 gefunden; dieses Verhältniss ist ein sehr günstiges, der manometrische Wirkungsgrad dagegen ein niedriger.

Drei andere in England aufgestellte Ventilatoren ergaben den manometrischen Wirkungsgrad gleich 0·203, 0·322 und 0·400.[2]) Nach Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission[3]) war bei zwei Apparaten das Verhältniss der reinen zur indicirten Leistung gleich 0·493 und 0·461, der manometrische Wirkungsgrad gleich 0·320 und 0·327.

Auf einigen Zechen Westphalens sind Schiele-Ventilatoren von 1·55 m Durchmesser im Betrieb, welche bei 400 Touren 1000 m^3 Luft in der Minute ergeben.[4]) Auf der Grube Gemeinschaft bei Morsbach hat sich

---

1) Exploit. et réglement. des mines à grisou, v. Pernollet u. Aguillon, S. 214.

2) Ebendaselbst.

3) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 705.

4) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1878, S. 50. Simmersbach, Berg- u. hüttenm. Ztg. 1879, S. 100.

ein solcher sehr gut bewährt[1]); er wird mit 7facher Umsetzung von einer Dampfmaschine betrieben und lieferte bei 381·5 Touren 10·8 m^3 Luft in der Secunde und 0,055 m Depression im Schachte; die reine Leistung beträgt 0·52 der indicirten Arbeit der Maschine.

Auf der Zeche Rheinpreussen bei Homberg [2]) ist an der 246 m tiefen Wettersohle ein Schiele-Ventilator eingebaut, welcher die Luft in den Schacht I drückt. Derselbe hat 1 m Durchmesser, 0·35 m Breite und kann, durch ein Locomobil mit Umsetzung betrieben, 1500 Touren verrichten; bei 750 Touren liefert er $4^2/_3$ m^3 Luft in der Secunde. Bei der grossen Geschwindigkeit der aus dem Blaserohr tretenden Luft wird noch ein weiteres bedeutendes Luftquantum aus einer unter dem Ventilator in den Schacht mündenden, von der Hauptwetterstrecke kommenden Verbindungsstrecke angesaugt und zum Ausziehen gebracht.

Am Franz Josefstollen des Salzbergbaues zu Hallstatt wurde von v. Balzberg[3]) ein Schiele-Ventilator aufgestellt, welcher bei 0·5 m Durchmesser und 3272 Touren in der Minute die Luft durch eine gusseiserne Rohrleitung von 791 m Länge und 0·16 m Durchmesser mit 8·8 m Geschwindigkeit hindurchbewegte. Nach der von Gustav Schmidt aus Stockalper's Versuchen abgeleiteten Formel[4])

$$p = 0{\cdot}000\,000\,0076\,\delta\,l\,u^2\,\frac{1+5\,d}{d^2},$$

in welcher d den Durchmesser, l die Länge der Leitung, u die Geschwindigkeit und δ das specifische Gewicht der Luft ist, welches letztere man gleich 1·25 setzen kann, ergibt sich hieraus die Spannungsabnahme in der Luftleitung

$$p = 0{\cdot}0409 \text{ kg},$$

daher die erzeugte Depression

$$h = 0{\cdot}409 \text{ m Wasser.}$$

Hiefür ergibt die Formel (31), welche so lange annähernd gültig ist, als die Richtung der äusseren Flügelenden von der radialen nicht zu sehr abweicht, den Werth m

$$m = \frac{n\,R_2}{845\sqrt{h}} = \frac{3272\,.\,0{\cdot}25}{845\sqrt{0{\cdot}409}} = 1{\cdot}51.\,^{5)}$$

---

1) Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 208. Der Durchmesser des Rades ist nicht angegeben.

2) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 725.

3) Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1879, 27. Bd., S. 177.

4) v. Hauer's Fördermaschinen, 3. Aufl., S. 689.

5) v. Balzberg ermittelt h nach der älteren Weisbach'schen Formel mit 0·775 m, wobei sich m nur gleich 1·10 ergibt, was als zu niedrig erscheint. Am

Die Firma Schiele selbst endlich gibt für offene, d. h. Exhaustoren, welche die Luft direct ins Freie ausblasen, folgende Dimensionen und Betriebskräfte an, wobei die Depression 8 bis 9 mm Wasser beträgt.

R_2 m	n	M m^3	Querschnitt der Saugkanäle m^2	Pferdekräfte
0·625	300	5	0·6	2·5
0·75	240	7·5	0·9	4
1	180	12·5	1·5	6

Ventilatoren von Waddle, Stevenson, Brunton und Colson.

Waddle's Ventilator. Fig. 44 und 45 zeigen den Ventilator von Waddle.[1]) Derselbe besteht aus gekrümmten Blechwänden, zwischen welchen die Flügel eingeschlossen sind, deren Form Fig. 45 durch punktirte Linien andeutet. Das Flügelrad schliesst sich dicht an die mit einem eisernen Rohre ausgefütterte Mündung des Saugkanales und bläst die Luft am ganzen Umfange ins Freie aus. Zum Betrieb dient ein liegender Dampfcylinder.

Das Charakteristische bei diesem Ventilator ist, dass der Flügelraum zur Verhütung einer Wirbelbildung gegen aussen verengt und im äussersten Theil behufs Verminderung der Austrittsgeschwindigkeit wieder erweitert ist, ferner dass zum gleichen Zwecke auch die Flügel zurückgekrümmt sind, so dass sich ihre Form der Combes'schen nähert. Durch die Krümmung der Seitenwände des Flügelraumes wird eine allmälige Ablenkung der achsialen Richtung der Luft in die radiale erzielt. Der Mangel eines Auslaufraumes hat indessen doch eine geringere Leistung zur Folge, und wegen der zwei umhüllenden Blechwände muss das Rad bei den grossen Dimensionen, in welchen es ausgeführt ist, sehr schwer werden.

Ein Ventilator von Waddle, zu Brownhills aufgestellt[2]), hat 7·6 m Durchmesser, 3·05 m Weite der Saugöffnung und 0·61 m äussere Breite. Andere Ausführungen zeigen bedeutend grössere Dimensionen, 12 bis 13 m Durchmesser[3]), wobei dieselben 45—50 Touren verrichten und in der

---

genauesten wäre h jedenfalls durch directe Beobachtung mittels Manometer zu erheben gewesen.

1) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 730.

2) Broja, Preuss. Zeitschr. 1874, 22. Bd., S. 165.

3) Der Durchmesser soll bis 15 m steigen. Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 750 u. 783. Pinno, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 178.

Secunde bis 90 m³ Luft ergeben. Ein Ventilator zu Pentre in Wales hat 12 m Durchmesser, eine 4·5 m weite Saugöffnung, innen 2·4 m und aussen 0·75 m Breite und liefert in der Secunde 47 m³ Luft. Das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit der Dampfmaschine betrug nach Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission [1]) bei zwei Exemplaren 0·53 und 0·50, der manometrische Wirkungsgrad 0·45 und 0·46. Eine andere Quelle [2]) gibt die letztere Grösse bei drei Exemplaren mit 0·38, 0·41 und 0·45 an.

Ventilator von Stevenson. Dieser [3]) hat Aehnlichkeit mit dem Waddle'schen, die Luft wird jedoch um mehr als 90° von der achsialen Richtung abgelenkt, da im Schnitte Fig. 44 die Radkanäle gegen aussen nicht radial auslaufend, sondern rückwärts geneigt erscheinen, so dass der austretende Luftstrom einen Hohlkegel bildet, welcher den Eintrittskanal für die Luft umgibt. Die Flügel sind am inneren Ende nahe radial, am äusseren ziemlich stark zurückgeneigt, der Flügelraum gegen aussen verengt.

Solche Ventilatoren sind bei einigen Kohlenbergbauen Englands aufgestellt, auf den High Blantyre Collieries bei Glasgow deren zwei combinirt, und zwar zu beiden Seiten eines mit der Saugstrecke verbundenen, durch eine verticale Scheidewand getheilten Kastens; in den beiden Abtheilungen befinden sich Klappen zum Verschluss, so dass entweder nur einer der Ventilatoren oder beide zugleich zum Ansaugen der Grubenluft verwendet werden können. Ausserhalb der Ventilatoren sind die beiden Betriebsmaschinen aufgestellt. Die Hohlkegel der austretenden Luftströme umgeben den Saugkasten und es scheint, als ob der Austritt der Luft in Kegel- statt ebenen zur Achse senkrechten Flächen nur den Zweck hätte, den Luftstrom von der Maschine bez. deren Bedienungspersonal möglichst abzulenken.

Die beiden besprochenen Ventilatoren haben 4·27 m Durchmesser und gaben bei gleichzeitigem Gange mit 160 Touren 63·5 mm Wasser Depression und 35 m³ Luft in der Secunde, einer allein bei 150 Touren 33·3 mm Depression und 28 m³ Luft.

Ventilator von Brunton. Dieser ältere Apparat wird hier erwähnt, weil er die seltener vorkommende verticale Stellung der Achse zeigt. Er war vor etwa 25 Jahren in England in Anwendung. [4]) An der Achse ist eine obere volle und eine untere ringförmige Blech-

1) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 705.

2) Exploitation et réglementation des mines à grisou, v. Pernollet u. Aguillon, S. 211.

3) Engineering 1879, 1. Bd., S. 177.

4) Nach Burat's Cours d'exploitation des mines, S. 227.

scheibe befestigt; zwischen beiden befinden sich die Flügel. Der Raum für letztere ist gegen aussen verengt, indem die untere Ringscheibe flach kegelförmig ist. An der Saugöffnung befindet sich ein niedriger Blechcylinder, welcher in eine am Rande der Saugöffnung befindliche kreisförmige, mit Wasser gefüllte Rinne taucht, wodurch die Dichtung hergestellt ist.

Ventilator von Colson. Ein solcher in Fig. 42 und 43[1]) skizzirter Apparat wurde auf einem der Schächte des Kohlenbergbaues von Houssu aufgestellt. Der Constructeur stellte sich die Aufgabe, die Rückströmung und Wirbelbildung hinter den Flügeln durch grössere Anzahl derselben, also Verengung der zwischenliegenden Kanäle, sowie durch thunlichste Reducirung der äusseren Radbreite zu vermeiden. Der Ventilator besteht aus einem eisernen Conus von 9 m Durchmesser, der mittels einer Nabe an der Welle befestigt ist. An der Innenseite des Conus, zu welcher die Luft durch eine Saugöffnung von 3 m Durchmesser gelangt, befinden sich die radialen Flügel. Diese besitzen viererlei verschiedene Längen und zwar sind

24 Flügel *a*
24 „ *b*
48 „ *c*
96 „ *d*

vorhanden, um den austretenden Luftstrom in möglichst schmale Fäden zu theilen.

Der Spalt *s* zwischen dem Rande des Conus und der Mauer, durch welchen die Luft austritt, hatte ursprünglich 10 cm Breite; da sich dabei noch stets Rückströmung von Luft ergab, reducirte man diese Breite bis auf etwas über 4 cm.

Bei 42 bis 83 Touren wurden Depressionen von 18 bis 68 mm Wasser und Luftmengen von 10·6 bis 22·6 m^3 erhalten. Der Wirkungsgrad betrug dabei 22·8 bis 32·7 Proc. Den obigen Tourenzahlen entspricht bei dem Durchmesser von 9 m eine theoretische Depression von 49 bis 195 mm, daher die wirklich erzielte Depression nur 0·37 bis 0·35 der theoretischen beträgt.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die geringen Leistungen des Apparates dem Mangel eines Auslaufraumes, der recht- oder selbst spitzwinkligen Ablenkung, welche die Luft nach dem Eintritte in das Rad durch dessen flach conische Rückwand erfährt, der grossen Reibung der Luft in den engen Radkanälen, endlich dem Stosse der radialen inneren

1) Vandenpeereboom, Note sur les ventilateurs à force centrifuge, Louvain 1878, S. 54.

Flügelenden gegen die eintretende Luft zuzuschreiben sind. Es dürfte mithin die beschriebene Construction kaum Nachahmung finden.

Ventilatoren von Lambert und Aland.

Bei den Ventilatoren von Lambert und von Aland wird die Beseitigung der Wirbel hinter den Flügeln durch theilweise Bedeckung des äusseren Radumfanges angestrebt.

Aeltere Construction des Lambert'schen Ventilators. Diese [1]) zeigt die Skizze Fig. 49. Hinter jedem Flügelende ist eine cylindrische, den Kanal grossentheils absperrende Wand angebracht, innerhalb welcher die Luft stagniren soll, statt durch Rückströmung von aussen in Wirblung versetzt zu werden.

Versuche von Devillez [2]) mit einem derartigen Apparate von 8 m Durchmesser und 1·5 m Breite, der vor jedem der 8 Flügel am Umfange eine Austrittsöffnung von 1·4 m Länge und 0·25 m Weite besass, ergaben folgende Resultate:

Tourenzahl	61·7	80·0	101·0
Depression . . . . mm	39·0	64·0	98·0
Luftmenge in 1 Secunde m^3	12·6	16·4	19·9
Wirkungsgrad	0·35	0·40	0·33

Unter Wirkungsgrad ist dabei das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit der Dampfmaschine verstanden. Der Coëfficient m der Formel (31) folgt hieraus

$$m = 1{\cdot}48 \quad 1{\cdot}50 \quad 1{\cdot}53,$$

also ziemlich gross. Der Wirkungsgrad ist nach Devillez noch etwas zu hoch bestimmt und mit 0·32 bis 0·34 anzunehmen. Setzt man den Wirkungsgrad der Maschine gleich 0·8, so ergibt sich der des Ventilators selbst mit 0·4 bis 0·42, daher verhältnissmässig klein.

Neuere Construction. Eine neuere Ausführung des Lambert'schen Ventilators zeigen Fig. 38 und 39. [3]) Das Rad hat die Form einer Trommel aus Blech, welche in der einen Stirnwand die Eintrittsöffnung für die vom Saugkanal s zuströmende Luft und am Umfange nur einen engen Spalt a für den Austritt der Luft, ferner acht radiale, vom Rande der Saugöffnung bis zum Umfange reichende und zwischen diesen je zwei kürzere Flügel enthält. Durch diese Construction ist wohl die Rückströmung und Wirblung der Luft hinter den Flügeln vermieden; im Uebrigen wird die plötzliche Querschnittsänderung bei der Bewegung der Luft durch den engen Spalt am Radumfange dem Effecte abträglich

1) Preuss. Zeitschr. 1865, 13. Bd., S. 185.
2) Devillez, Ventilation des mines, S. 181.
3) Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 107.

sein und eine Contraction veranlassen, daher eine allmälige Verengung des Flügelraumes gegen aussen, wie bei Geisler's, Kley's und anderen Ventilatoren, besser entspricht.

Der Lambert'sche Ventilator hat ferner kein anschliessendes Gehäuse und steht nur zwischen gemauerten Wänden, welche die Luft nach oben ableiten. Dies hat allerdings den Vortheil, dass auch bei einer merklichen Aenderung in der Stellung der Lager das Rad nicht an die Wände streift; allein eine solche Aenderung muss doch vermieden werden, da sonst das Rad sich nicht mehr dicht an der Mündung der Saugöffnung bewegt. Der Effectverlust durch die abströmende Luft endlich wird bei dem Mangel eines eigentlichen Auslaufraumes kaum geringer als bei einem ganz freistehenden Ventilator ohne Gehäuse.

Der Betrieb erfolgt nach Fig. 39 durch zwei Maschinen, welche sich gegenseitig als Reserve dienen und abwechselnd durch eine Schubstange mit dem Zapfen an der Kurbelscheibe verbunden werden können.

Solche Ventilatoren wurden in Belgien in mehreren Exemplaren erbaut, und zwar mit Durchmessern von 4—10 m, 12 bis 24 Flügeln, für Luftmengen von 10 bis 40 m^3 in der Secunde und Depressionen von 25 bis 70 mm Wasser.[1]) Die Gesellschaft von Marcinelle und Couillet, welche dieselben ausführt, gibt folgende Verhältnisse[2]) an:

Luftmenge in der Secunde m^3	20	25	25
Depression . . . . . mm	50	70	70
Tourenzahl	100	100	80
Durchmesser . . . . m	6·5	8	10

und hieraus ergibt sich nach Formel (31)

der Coëfficient $m =$	1·71	1·78	1·78.

Es ist somit eine verhältnissmässig grosse Tourenzahl nothwendig, grösser als bei der vorigen Construction und ungefähr gleich der bei Rittinger's Ventilator ohne Auslaufraum erforderlichen.

Am Schacht 6 der Grube Marcinelle gibt ein Ventilator mit 10 m Durchmesser, 1·5 m Breite und 0·15 m weitem Schlitz bei 65 Touren 32 m^3 Luft in der Secunde und 0·063 m Depression, nach welchen Resultaten $m = 1{\cdot}54$, mithin kleiner wird als oben.[3]) Nach einer anderen Angabe[4]) lieferte ein Apparat gleicher Dimension, nur mit engerem Spalt (0·13 m), bei 76 Touren 27·8 m^3 Luft und 0·085 m Depression, was wieder auf $m = 1{\cdot}54$ führt. Der Wirkungsgrad betrug im letzteren Falle 0·36.

---

1) Vandenpeereboom, Note sur les ventilateurs etc., S. 58.
2) Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 109.
3) Salomon, Preuss. Zeitschr. 1886, 35. Bd., S. 228.
4) Vandenpeereboom, Note etc., S. 58.

Endlich zeigten drei solche in Belgien ausgeführte Ventilatoren manometrische Wirkungsgrade gleich 0·312, 0·394 und 0·455.[1])

Aland's Ventilator. Dieser hat eine der älteren Lambert'schen (Fig. 49) ähnliche Construction[2]), nur sind die Flügel an der Eintrittsstelle zur Vermeidung des Stosses rückwärts geneigt. Die cylindrischen Wandstücke *a* haben geringere Länge, so dass breitere Austrittsöffnungen verbleiben. Die Flügel sind zwischen zwei ringförmigen Blechwänden befestigt und in diesen Wänden dreieckige Oeffnungen angebracht, welche den Raum zwischen *a* und *f* einnehmen und das Innere des Rades mit dem Saugraume verbinden; dieser endigt in zwei verticale, beiderseits vom Rade stehende Kästen, die in den Wänden, welche dem Ventilator zugekehrt sind, Oeffnungen von einem Durchmesser gleich dem des Ventilatorrades besitzen. Die Luft kann also aus den Kästen nicht nur durch die Saugöffnungen, sondern auch durch die Oeffnungen hinter den Flügeln in das Rad eintreten. Vom Umfange des Rades wird dieselbe zwischen beiden Saugkästen ins Freie geblasen. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, dass die Luft hinter den Flügeln eine kleinere Spannung als in den Saugkästen besitzt, und im umgekehrten Falle erfolgt Rückströmung durch die Oeffnungen statt des Ansaugens.

Ventilatoren von Harzé und Gendebien.

Diese beiden Arten sind dadurch charakterisirt, dass das Flügelrad von einem Leitapparat für die austretende Luft umgeben ist, deren Geschwindigkeit dadurch herabgesetzt wird.

Harzé's Ventilator. Der Leitapparat des Ventilators von Harzé hatte ursprünglich ganz die Form des Leitrades einer Fourneyron-Turbine und die Luft konnte zwischen dessen Schaufeln am ganzen Umfange abströmen. Die Einrichtung wurde später dahin modificirt, dass die Luft nur durch einzelne Oeffnungen austritt, welche mittels einer Art von Schützen regulirt werden können. Auch wurde in der Ausführung die Zahl der Flügel bedeutend kleiner genommen, als im ersten Entwurf, wo dieselben zur Vermeidung der Wirbelbildung dicht nebeneinander lagen und der Luft einen bedeutenden Reibungswiderstand entgegengesetzt, sowie das Rad kostspieliger und schwerer gemacht hätten.[3])

Harzé unterscheidet zwei Arten der Ausführung, welche er mit *A* und *B* bezeichnet. Bei System *A* sind die Flügel zwischen zwei mitrotirenden Blechscheiben eingeschlossen, bei *B* bewegt sich das Rad

1) Exploit. et réglement. etc. S. 211.

2) Dingler's polyt. Journ. 1885, 256. Bd., S. 146.

3) Eine Skizze dieses ersten Entwurfes s. Revue universelle 1870, 27. Bd., S. 344.

zwischen zwei parallelen, gemauerten Wänden. Die Ventilatoren wurden mit verticaler oder horizontaler Achse hergestellt. Es sind deren drei zu Grande Bacnure, Gosson-Lagasse und Lonette bei Lüttich im Betrieb, deren Hauptdimensionen folgende Tabelle angibt:

	Grande Bacnure *A*	Gosson-Lagasse *A*	Lonette *B*
Innerer Durchmesser . . . . m	2·2	3·58	3
Aeusserer Durchmesser . . . . „	4	8	7
Aeusserer Durchmesser des Leitapparates „	5	10	8·7
Breite . . . . „	0·32	0·6	1
Zahl Flügel des Rades	16	18	8
„ Leitflügel	32	8	6
Durchmesser der Saugöffnung . . . . m	1·8	3·08	3
Antrieb	Riemen	direct	direct
Stellung der Achse	horiz.	vertical	horiz.

Ventilator mit verticaler Achse. Den zu Gosson-Lagasse aufgestellten Ventilator zeigen Taf. V in der Zusammenstellung, Taf. VI, Fig. 57 und 58 im Verticalschnitt und Grundriss, zum Theil Horizontalschnitt; Fig. 59 ist der Verticalschnitt nach der radialen Linie *A B* des Grundrisses.

Die 5 mm starken Flügel (Fig. 57 u. 58) sind durch je 4 Winkeleisen an zwei Blechscheiben befestigt, deren Theile durch eben diese Winkeleisen verbunden sind. Die obere Blechscheibe und die Flügel nebst den anliegenden Winkeleisen sind, um der Construction grössere Steifigkeit zu geben, bis zur Nabe verlängert, die Flügel nach Fig. 58 an den Aussenwänden der Nabe, die Winkeleisen und Bleche nach Fig. 57 an einem auf der Nabe aufgelegten Kranz festgeschraubt. Zur Verbindung der Bleche der oberen Scheibe dient noch der Ring *n*. Die untere Scheibe dagegen ist in der Mitte durch die Saugöffnung durchbrochen und es erstrecken sich auch die zugehörigen Winkeleisen nur bis an deren inneren Rand. Beide Scheiben sind bei *m* und *r* mit concentrischen Winkeleisenringen von 70/50/8 mm armirt.

Das Innere des Rades ist somit gegen oben abgeschlossen und wird noch am oberen Umfange durch einen Holzring *r* (Fig. 57) gegen den das Rad umgebenden Leitapparat gedichtet, um den Zutritt von Luft thunlichst zu verhüten, welche sonst durch den Spalt eindringen würde. Zu gleichem Zwecke greift das am inneren Umfange der unteren Blechscheibe befindliche Winkeleisen *m* möglichst genau passend in eine Rinne, die in einer Cementschicht auf der Mauer des Saugkanales hergestellt ist.

Der Auslaufraum besteht aus zwei ringförmigen, aus mehreren Theilen zusammengesetzten Gussplatten von 25 mm Stärke, deren untere zur Ersparung an Material Durchbrechungen zeigt. An den vier Stellen, wo die Haupt- und die Querträger *f q* für die Maschine aufgelegt sind, ist zwischen beiden Platten eine Cementfüllung angebracht, welche den Raum *a b c* (Fig. 58) hinter den abwechselnden Leitblechen *l* einnimmt. An den zwischenliegenden Stellen wird die obere Platte durch kleine Säulen *t* gestützt (s. auch den Schnitt Fig. 59).

Die eine Platte hat oben, die andere unten radiale und concentrische Rippen (Fig. 59); erstere dienen zur Verbindung der Theile unter sich, zwischen den zwei äusseren Rippen der oberen Platte ist die Umfangmauer des Gebäudes aufgesetzt, welches den Ventilator überdeckt.

Der Leitapparat (Fig. 58) besteht aus 8 Kanälen, welche durch je zwei Blechwände gebildet sind. Die eine Wand *l*, welche nach Fig. 58 bis zum vorhergehenden Auslaufkanal reicht, ist durch verticale Winkeleisen verstärkt und durch horizontale an den Ringplatten des Auslaufraumes befestigt; die zweite Wand *p* ist mit dem kreisförmig gebogenen Blechstück *o* in Verbindung und gegen dasselbe abgesteift (wie bei dem später beschriebenen Ventilator zu Lonette). Die Wand *p* kann verstellt werden, indem man das Blech *o* längs der Wand l_1 des folgenden Kanales fortbewegt, und wird durch Schrauben fixirt; sie bildet daher eine Schütze, mittels welcher sich die Weite der Austrittsöffnung reguliren lässt. Zwischen dem Rade und den Platten des Auslaufraumes ist ein Abstand von 15 mm angenommen.

Die Betriebsmaschine Fig. 57 und 58 hat 0·33 m Cylinderdurchmesser, 0·6 m Hub und ist mit Meyer'scher Expansion ausgestattet. Sie ist auf zwei Blechträgern *f* gelagert, welche den ganzen Ventilatorraum überspannen und auf 8·03 m Länge freiliegen; jeder Träger besteht aus einem verticalen Blech von 0·5 m Höhe und 2 cm Stärke, und 4 Winkeleisen von 10 cm Schenkelbreite. Die Träger sind auf erhöhten Angüssen der hier durch die Cementschicht gestützten oberen Platten des Auslaufraumes festgeschraubt und die genannten Platten durch je 4 Bolzen, welche innerhalb der Cementschicht durch Gasröhren gesteckt sind, mit dem Fundament verankert. In der Mitte der Träger stossen senkrecht gegen dieselben zwei horizontale Streben (deren eine *q* unten in Fig. 58 ersichtlich ist), welche ähnlich wie die Träger selbst gelagert und durch je 2 Fundamentschrauben verankert sind. Das Bett der Dampfmaschine ist auf den Trägern befestigt und erhält dieselben in unveränderlichem Abstand. Die Maschine bewegt durch eine Kurbelscheibe die Ventilatorwelle und diese durch zwei gleich grosse Stirnräder die Steuerwelle; das Lager der letzteren hat die Form einer Röhre, welche an beiden

Enden Lagerschalen enthält und durch angegossene Platten am Bett der Maschine, sowie an einem der Blechträger befestigt ist. An der Steuerwelle befinden sich die beiden Excenter.

Der Ventilator steht nach Fig. 55 und 56 in einem runden, allseitig mit Fenstern ausgestatteten Gebäude, das mit einem Dach in Eisenconstruction versehen ist. Die Luft tritt nicht unmittelbar ins Freie, weil sonst durch deren Ausströmung die Umgebung belästigt würde, sondern der Blaseraum ist von einer concentrischen Ringmauer *M* umschlossen, so dass die Luft nach oben entweicht. Von dem Eingange *E* kann man über eine Treppe zur Maschine, dann auch durch den Rundgang innerhalb der Mauer *M* und über eine Treppe *q* (Fig. 56) in einen die Mauerung des Saugkanales umgebenden Raum gelangen, von welchem aus die Fundamentschrauben der Maschine und durch die Thür *g* der verticale Theil des Saugkanales mit dem Fusslager der Welle zugänglich sind. *S* ist der horizontale, zum Wetterschacht geführte Saugkanal.

Bei den kleinen Ventilatoren des Systems *A* erstrecken sich die Flügel nicht bis zur Nabe, sondern nur bis zum innern Umfange der Saugöffnung.

Die horizontale Lage des Rades erleichtert bedeutend die Anordnung der beweglichen Schützen; durch den Hohlraum unter dem Rade kann man auch alle übrigen Theile leicht erreichen. Durch die Flügel erscheint dasselbe hinreichend abgesteift und gegen eine Senkung des Umfanges gesichert. Die möglichste Entlastung des unteren Zapfens ist wünschenswerth, um dessen Warmlaufen zu verhüten, daher das Rad thunlichst leicht construirt ist. Ausser dessen Gewicht wirkt noch der Ueberdruck der äusseren Luft auf die Welle; der Druck von unten ist auf eine Fläche gleich dem Querschnitt der Saugöffnung um die vorhandene Depression kleiner als der atmosphärische, und da die Spannung auch in dem Raume, welcher den Saugkanal umgibt, geringer ist als die äussere, so ergibt sich dadurch eine weitere Belastung des Rades.

Die Einrichtung des Auslaufraumes zeigt gegen die Guibal'sche Construction den Vortheil, dass die Luft an mehreren Stellen und an einem grösseren Theil des Laufrad-Umfanges, daher auch mehr continuirlich von diesem austreten kann, nicht blos auf $^1/_4$ jeder Umdrehung. Da die Luft sich ferner in mehrere Auslaufkanäle vertheilt, so ist ihre weitere Bewegung eine regelmässigere als durch den einzigen Guibal'schen Schlot, bei welchem in einem und demselben Querschnitte sehr verschiedene Pressungen und Geschwindigkeiten auftreten.

Der Weg, den die Luft in diesen Kanälen zurückzulegen hat, ist auch kleiner als in einem spiralförmig erweiterten Auslaufraume mit Schlot, dagegen der Reibungswiderstand in den engen Kanälen grösser.

Rossigneux[1]) schlägt vor, einen solchen Auslaufraum anzubringen, weil derselbe einfacher wäre, als die Harzé'schen Auslaufkanäle, besonders für blasende Ventilatoren; ferner soll die Breite des Rades gegen aussen vermindert werden. Bei Anwendung eines Gehäuses statt der einzelnen Auslaufkanäle würde aber der Ventilator seine wesentlichste principielle Neuerung einbüssen.

Der beschriebene Ventilator von Gosson-Lagasse gab folgende Versuchsresultate:

Tourenzahl	Depression in mm Wasser	Coëfficient m
52	33	1·35
60	40	1·42
72	62	1·37
79	68	1·43

Bei 52 Touren lieferte derselbe 12 m³ Luft in der Secunde.

Da sich beim Betrieb zeigte, dass die Luft vorzüglich am Obertheil der Ausblasekanäle austrete, wurde auf Harzé's Rath der Boden des ringförmigen Auslaufraumes mit einer Cementschicht bedeckt, welche von innen gegen aussen ansteigt, so dass die freie Höhe dieses Raumes nur am inneren Umfange gleich der Höhe des Flügelraumes blieb, am äusseren jedoch kleiner wurde. Der Querschnitt der Kanäle war dabei wegen deren zunehmender Breite noch immer aussen bedeutend grösser als innen. Nach dieser Aenderung ergab der Ventilator bei im Jahre 1885 durch Director Keyser ausgeführten Versuchen

bei Touren	30	50	60
Depression mm	13	36	50
Werth m	1·25	1·24	1·27,

mithin bedeutend günstigere Resultate als früher; der Werth m ist verhältnissmässig klein.

Ventilatoren mit horizontaler Achse. Bei dem Apparat zu Grande-Bacnure, der auch nach System *A*, doch mit horizontaler Achse construirt und einerseits durch eine volle Blechscheibe abgeschlossen, anderseits durch eine Oeffnung in einer verticalen Mauer mit dem Saugkanal verbunden ist, wurde das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit des Dampfes zu ungefähr 0·5 bestimmt, welches Resultat mit Rücksicht darauf, dass ein Theil, etwa 5 Proc. der Leistung durch die Riemen-Umsetzung absorbirt wird, ein ganz günstiges zu nennen ist. Im Uebrigen lieferte der Ventilator folgende Ergebnisse:

1) Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 870.

Tourenzahl	Depression in mm Wasser	Luftmenge m^3	Coëfficient m
62	11·5	9·81	1·37
70	15	10·28	1·35
80	19·5	10·99	1·35
86	23	12·73	1·34

Den zu Lonette aufgestellten Ventilator des Systems B, mit horizontaler Achse, zeigen Fig. 60 und 61. An zwei Rosetten sind radiale Arme, an diesen gekrümmte Winkeleisen und an letzteren die 8 Blechflügel befestigt. Die im Vergleich zum vorigen Ventilator geringere Zahl Flügel hat den Zweck, einen grösseren Eintrittsquerschnitt für die Luft zu erhalten, aus welchem Grunde auch die inneren Flügelenden weniger zurückgeneigt sind, als es die Theorie für den Eintritt ohne Stoss verlangt, wodurch sich nur ein geringer Effectsverlust ergibt. Zwischen den Flügeln und den Seitenwänden ist beiderseits 4 cm Spielraum angenommen.

Die Luft strömt durch den Saugkanal S zu; in der Oeffnung, durch welche dieselbe in das Rad gelangt, ist das eine Lager der Welle angebracht, welche andererseits durch eine engere, mittels eines Brettstückes geschlossene Oeffnung o bis zur Maschine geführt ist.

Die Construction der Auslaufkanäle, 6 an der Zahl, zeigen Fig. 62 und 63 in grösserem Maassstabe. Die fixen Blechwände $l\ l_1$ sind in Furchen eingelassen, welche in den mit Ziegeln gemauerten Seitenwänden ausgespart und nach Einsetzen der Bleche $l\ l_1$ mit Cement verstrichen werden. Ebenso sind gekrümmte, mit Falz versehene Schienen m befestigt. In den Falz greift das Führungsblech a der beweglichen Schütze, welches mit der die zweite Wand des Auslaufkanales bildenden Platte b durch Bleche o und Winkeleisen verbunden ist. Die Schütze ist also zwischen m und l_1 geführt, kann verschoben und mittels Stellschrauben fixirt werden. Zur Ableitung der Luft dienen zwei an die eine Seitenmauer des Ventilators gelehnte Essen, welche durch Oeffnungen q (Fig. 60) mit dem unteren Theil des Ventilatorraumes communiciren.[1])

Die Betriebsmaschine hat 0·33 m Cylinderdurchmesser und 0·6 m Hub.

Mit diesem Apparate wurden 1882 von Libert Versuche ausgeführt, welche den bedeutenden Einfluss der Weite der Auslaufkanäle auf die Leistung zeigen. Diese Weite betrug bei den zwei Versuchsreihen 0·12 und 0·30 m. Die Resultate zeigt folgende Tabelle:

1) Bei offenem Auslaufraum sind diese Essen wohl entbehrlich.

Kanalweite m	Tourenzahl	Depression mm	Luftmenge m^3	Coëfficient *m*
0·12	20	3	4·1	1·51
„	30	6	7·4	1·60
„	50	14	11·7	1·75
0·30	20	6	5·2	1 07
„	30	10	8·7	1·24
„	50	28	15·9	1·24

Bei den grösseren Austrittsöffnungen ergab sich für gleiche Tourenzahl ungefähr die doppelte Depression und eine um ein Drittel grössere Luftmenge. Da die Versuche blos bei zwei verschiedenen Schützenstellungen ausgeführt wurden, ist bei denselben noch nicht die günstigste Leistung eingetreten. Andererseits muss bemerkt werden, dass die angeführten Ziffern die Leistungen des Ventilators nur annähernd richtig darstellen, weil bei denselben auch die Einwirkung des natürlichen Wetterzuges mit ins Spiel trat. Die Versuche als ganz richtig durchgeführt vorausgesetzt, lässt sich nur durch diesen Einfluss erklären, dass der Coëfficient *m*, den sonstigen Erfahrungen entgegen, innerhalb jeder Versuchsreihe so sehr verschiedene Werthe erhält und bei 0·3 m Kanalweite, 20 Touren und 6 mm Depression bis auf 1·07 sinkt. Bei kleinen Depressionen ist eine geringe Verschiedenheit im Werthe derselben von erheblichem Einflusse; wäre z. B. die richtige Depression im erwähnten Falle 4·5 statt 6 mm, so hätte der Coëfficient *m* nahe den Werth 1·24, wie bei den zwei anderen angeführten Versuchen dieser Reihe.

Gendebien's Ventilator. Von Gendebien[1]) wurde ein Ventilator construirt, der ebenfalls von einem Leitapparat für die ausströmende Luft umgeben ist. Derselbe besteht aus einem Diffuser, welcher sich nach aussen erweitert und radial gestellte Leitbleche enthält. Bei dieser Stellung wird jedoch die Luft nur dann ohne bedeutenderen Stoss in den Leitapparat eintreten, wenn deren Austrittsrichtung eine nahe radiale ist, also die Flügel am äusseren Ende stark zurückgekrümmt sind.

Ein anderes Patent desselben Erfinders betrifft Ventilatoren mit regulirbarer Flügellänge und Grösse der Saugöffnung behufs Aenderung der gelieferten Luftmenge. Die radial gerichteten Flügel bestehen aus einem an der Achse festen und einem radial verschiebbaren Theil, welcher letztere an dem ersten durch Schrauben fixirt werden kann. Die Aenderung der Grösse der Saugöffnung erfolgt durch Aufschrauben

1) Dingler's polyt. Journ., 1885, 256. Bd., S. 147.

von concentrischen Blechringen verschiedener Breite am Umfange dieser Oeffnung.

Guibal's Ventilator.

Dieser Ventilator, dessen Theorie bereits S. 47 gegeben wurde, ist erstlich durch die grossen Durchmesser (S. 22), welche bei demselben zuerst zur Anwendung kamen und zum Betrieb eine Dampfmaschine ohne Umsetzung zu verwenden gestatteten, dann insbesondere durch die gegen die sonstigen Ventilatoren geänderte Wirkungsart charakterisirt, indem die Luft aus den Zellen nicht continuirlich, sondern intermittirend austritt.

Construction des Guibal-Ventilators. Fig. 68 und 69 zeigen eine der gebräuchlichen Constructionen eines Guibal-Ventilators; Fig. 70 bis 72 Details dazu, Fig. 76 einen Theil des Rades in grösserem Maassstab und Fig. 77 bis 80 zugehörige Schnitte, endlich Fig. 73 bis 75 den Einbau. Auf der Welle sind zwei gusseiserne Rosetten aufgekeilt und an den Randflächen derselben die Arme befestigt, welche letztere auch unter sich derart verbunden sind, dass sie ein gehörig abgesteiftes System bilden. Jeder Arm *np* (Fig. 69 und 70) besteht aus einer Flachschiene *f*, welche von *m* bis *n* reicht, einem Winkeleisen *g* (Fig. 69 und 72), das sich von *o* bis *p* erstreckt und die Schiene *f* auf die Länge *mo* überdeckt, endlich einem schwächeren, hinter *g* gelegenen Winkeleisen *h* (Fig. 71), das die Länge von *q* bis *p* einnimmt. Zwischen den Winkeleisen *g* und *h* liegen die Flachschienen f_1, f_2, welche zu den folgenden Armen gehören; an den Kreuzungsstellen sind Verbindungsnieten angebracht. Ausserdem sind die Winkeleisen noch durch mehrere Nieten verbunden, und wo sich diese befinden, wie bei *pp* in Fig. 76, liegen Eisenplättchen von gleicher Dicke mit den Flachschienen f, f_1, f_2 zwischen den Winkeleisen. In den Fig. 76 bis 80 sind die Theile mit denselben Buchstaben bezeichnet wie in Fig. 69.

An den schwächeren Winkeleisen *h*, die sich nur auf die Flügellänge erstrecken, sind die Bretter, welche durch Falz oder eingeschobene Holzleisten verbunden, die Flügel bilden, mittels je zwei Schrauben *s* (Fig. 76) befestigt; unter die Schraubenköpfe sind dünne Schienen gelegt.

Der beschriebene Ventilator[1]) hat 7 m äusseren, 2 m inneren Durchmesser und 2 m Breite; er ist auf 60 Touren, 1000 m^3 Luft pro Minute und 40 mm Depression berechnet; der äussere Halbmesser entspricht der Formel (78). Der Betrieb erfolgt durch eine Maschine von 0·45 m Cylinderdurchmesser und 0·85 m Hub, welche bei $4^1/_2$ Atm. Admissionsspannung und 4 facher Expansion eine indicirte Leistung von 30 Pferdekräften

1) Von Musil ausgeführt zu Fünfkirchen. Kärntn. Zeitschr. 1876, S. 10.

ergibt, von welchen 6 Pferdekräfte für andere Zwecke entfallen, daher nur 24 für den Betrieb des Ventilators verbleiben. Die reine Leistung beträgt aber nach obigen Daten rund 9 Pferdekräfte, daher das Verhältniss derselben zur indicirten mit rund 0·4 angenommen ist.

Der Zutritt der Luft erfolgt nach Fig. 73 bis 75 durch die Saugkanäle *EE* an beiden Seiten des Ventilators. Die Welle ist daher wegen ihrer grösseren Länge aus zwei durch eine Kupplung verbundenen Theilen zusammengesetzt und läuft in vier Lagern, von welchen die nächst dem Rade befindlichen auf eingemauerten, durch kurze Streben gestützten und verankerten Traversen befestigt sind. Diese Anordnung ist indessen nicht zu empfehlen. Das nächst dem Kurbellager folgende Lager ist entbehrlich, weil das betreffende Wellenstück durch die Kupplung gestützt wird. Die Ausreibung findet ferner bei diesen beiden Lagern wegen des von der Schubstange ausgeübten Zuges und Druckes besonders in horizontaler, bei den zwei anderen Lagern wegen des Gewichtes des Ventilators hauptsächlich in verticaler Richtung statt, daher Klemmungen eintreten können. Eine Kupplung mit Spiel aber wäre unverwendbar, weil der Ventilator nach Art eines Schwungrades abwechselnd die Maschine treibt und von dieser getrieben wird. Es ist daher besser, die Welle ungetheilt herzustellen und nur in zwei Lagern laufen zu lassen, wie es auch bei den neueren Anlagen in der Regel geschieht.

Das Gewölbe ober dem Rade ist an der dem Schlot zugekehrten Seite durch den hohlen Träger *t* (Fig. 73) gestützt, der in horizontale, durch Rippen *r* verstärkte Platten endigt, welche auf Quadern in den Seitenmauern ruhen. Am Umfange haben die Flügel 50, an den Seiten 20 mm Spielraum gegen die glatt verputzte Innenwand des Gehäuses. Das letztere ist durch eine Einsteigöffnung *e* (Fig. 73 und 74) und eine luftdicht schliessende Thür *n* zugänglich; in die Saugkanäle gelangt man durch Oeffnungen *o* mit gleichfalls dicht schliessenden Deckeln.

Der Schieber *s*, welcher mittels der Winde *w* beweglich ist, besteht aus Brettern, die durch Charniere verbunden sind und in gusseisernen Rinnen gleiten. Diese sind in die Seitenwände des Auslaufraumes eingelassen und durch angegossene Platten und Schrauben an Quadern befestigt, wie Fig. 73 angibt.

Fig. 65 ist eine Skizze des Einbaues des Ventilators am Eduardschacht im Mansfeld'schen[1]), welcher auch zwei Eintrittsöffnungen besitzt und mit einem doppelten Einlaufkegel *k* versehen ist. Um die Bewegung der Luft zu erleichtern, sind alle Mauerkanten abgerundet.

1) Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 208.

Bemerkungen über einzelne Details. Die Verwendung eines Einlaufkegels, welcher bei den älteren Guibal'schen Ventilatoren fehlt, ist im Allgemeinen vortheilhaft. Bei dem Guibal-Ventilator am Tiefbauschacht in Witkowitz[1]) ergab sich zwar der Effect nach Anbringung des Einlaufkegels kleiner, was jedoch seinen Grund in dem zu geringen Eintrittsquerschnitt hatte, welcher durch den Einlaufkegel noch weiter vermindert wurde.

Die Welle wird zur Vermeidung einer Biegung, welche eine unrichtige Stellung der Flügel gegen das Gehäuse zur Folge hat, sehr stark hergestellt. So ist die zwischen den Lagern 2·3 m lange Welle des Ventilators zu Planitz bei 7 m äusserem Raddurchmesser, 1·7 m Breite und 8 Flügeln von 2·2 m Länge aus Gussstahl gefertigt und 24 cm stark.[2]) Die Welle des Ventilators auf Pemberton Colliery[3]), der 14 m Durchmesser und 4·5 m Breite besitzt, ist ebenfalls aus Gussstahl hergestellt und hat 0·42 m Durchmesser bei 6 m Länge.

Die Rosette hat so viele Arme, als das Rad Flügel besitzt. Die Rosetten-Arme sollen nicht zu stark sein, damit der Eintrittsquerschnitt nicht zu sehr vermindert wird. Aus letzterem Grunde bleibt auch öfters der Kranz der Rosette weg, welche dann blos aus der Nabe und den Armen besteht, wie bei den Dinnendahl'schen Ventilatoren Fig. 92. Da die Arme der Rosette durch die des Rades verbunden sind, lässt sich dabei noch immer die genügende Festigkeit erreichen.

Sind 10 Arme vorhanden, so ist nach Fig. 66 die Construction eine ähnliche, wie in Fig. 69; die starken Winkeleisen reichen von *a* bis *d*, die schwachen von *b* bis *d*, die Flachschienen von *b* bis *c*, wobei dieselben je zwei andere Flügel *m* und *n* stützen. Bei 6 Flügeln (Fig. 67) sind *bc* die Flachschienen, *ad* die starken und *bd* die schwachen Winkeleisen.[4]) Da es wichtig ist, dass die Flügel nicht federn, werden hinter denselben bisweilen noch Streben angebracht, welche von *e* (Fig. 67) bis nahe an das Flügelende *d* reichen.

Für Arme mit rechteckigem Querschnitt gibt Devillez folgende Stärken an:

bei 7 m	Durchmesser	12—15 cm	breit,	1·8 cm	dick,
„ 7— 9 m	„	18—20 „	„	2·0 „	„
„ 9—12 „	„	20—25 „	„	2·5 „	„

Diese Dimensionen lassen sich übrigens nach dem Druck auf einen Flügel berechnen, welchen man annähernd durch Division der Betriebs-

1) Monographie des Ostrauer Steinkohlenrevieres, S. 243.
2) Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 163.
3) Preuss. Zeitschr. 1874, 22. Bd., S. 166.
4) Nach Musil, Kärntn. Zeitschr. 1876, S. 13.

kraft durch die Flügelzahl und die mittlere Umfangsgeschwindigkeit der Flügel erhält und den man der Sicherheit wegen als am Flügelende wirkend annehmen kann.

Die schwächeren Winkeleisen werden auch weggelassen und die Flügelbretter direct an den stärkeren befestigt.

Zur Verbindung der Constructionstheile verwendet man bei den Guibal'schen, sowie bei anderen grossen Ventilatoren mit Vortheil conische Schrauben (s. S. 95), bei welchen, wenn l die Länge, D den grösseren und d den kleineren Durchmesser des conischen Schaftes bedeutet,

$$D = d + \frac{1}{8} l \text{ bis } d + \frac{1}{6} l$$

genommen wird. Man kann dieselben nach festem Anziehen etwas vernieten und erhält dadurch sehr solide Verbindungen, während Nietbolzen bei der wechselnden Druckrichtung gelockert werden.

Die Flügelbretter bestehen aus Eichenholz von 3—4 cm oder aus Tannenholz von 4—5 cm Stärke und sind durch Feder und Nuth oder Einschubleisten verbunden. Auch nagelt man über die Fugen der einfach zusammenstossenden Bretter Streifen aus Bandeisen behufs der Dichtung. Es wird empfohlen, nicht ganz ausgetrocknetes Holz zu verwenden, weil dieses durch die angesaugte feuchte Grubenluft anquillt und die Flügel sich deformiren.[1])

Das Flügelrad soll gut äquilibrirt sein, so dass dessen Schwerpunkt in der Achse liegt. Dasselbe erhält beiderseits gegen das Gehäuse einen Spielraum von 3 bis 5, am Umfange einen solchen von 5 bis 10 cm.

Wenn die Welle unter dem Gewichte des Rades sich einbiegt, so hat dies die Folge, dass der vom Kurbelzapfen beschriebene Kreis nicht mehr in einer Verticalebene liegt. Um dies zu vermeiden, hat man den Ventilator an das freie Ende der Welle gelegt und das eine Lager möglichst dem Schwerpunkte des Rades genähert. So wurde beim Ventilator zu Comberedonde (Fig. 212, s. „Einrichtungen für abwechselnd saugende und blasende Wirkung") die Nabe schmal ausgeführt, das eine Wellenlager ganz nahe an dieselbe gerückt und durch eine unten mit zwei Längsrippen versehene Gussplatte gestützt, welche am anderen Ende unter den Ständer der Dampfmaschine greift und mit diesem verbunden, sowie nebstdem durch 4 Fundamentschrauben verankert ist. Ausserhalb des zweiten Lagers befindet sich die Kurbelscheibe, welche so schwer ist, dass das Gewicht des Ventilators dadurch gerade ausgeglichen, daher die ganze Last nur durch das dem Rade nähere Lager getragen, das andere keinem Druck nach oben oder unten ausgesetzt ist. Die beiden Armsysteme

1) Musil, Kärntn. Zeitschr. 1876, S. 13.

des Rades befinden sich in geringem Abstande und werden durch Diagonalschienen gegenseitig abgesteift, um eine Seitenbewegung der Flügel zu hindern.[1])

Diese Einrichtung, welche sich auch auf der Grube aux Brousses bei Molières, dann zu Créal vorfindet[2]), gewährt nebstdem den Vortheil, dass die Saugöffnung frei wird und die Luft besser einströmen kann; sie dürfte aber wegen der starken Belastung des einen Lagers nicht unbedingt zu empfehlen sein. Das Beste scheint stets eine hinreichend starke Welle zu sein.[3])

Schieber. Der Schieber oder die Schütze hat den Zweck, den Austrittsquerschnitt für die Luft so zu reguliren, dass der günstigste Gang eintritt, d. h. die grösste Depression und Luftmenge erhalten, oder nach Murgue's Bezeichnung die Durchgangsöffnung in das richtigste Verhältniss zur gleichwerthigen Oeffnung gebracht wird. Man soll den Schieber versuchsweise so lange weiter öffnen, als dadurch noch eine Vermehrung der Depression erzielt wird, und dann in seiner Stellung belassen. Soll die Luftmenge M verändert werden, so muss nur die Tourenzahl, nicht aber die Schieberstellung geändert werden, da M der Umfangsgeschwindigkeit v_2 proportional ist und daher nach (80) die erforderliche Weite s der Austrittsöffnung constant bleibt. Auch nach Versuchen war bei verschiedenen Tourenzahlen die der besten Leistung entsprechende Schieberöffnung nahe die gleiche.[4]) Nur wenn die gleichwerthige Oeffnung der Grube sich ändert oder der Einfluss des natürlichen Wetterzuges sich geltend macht, wird wieder eine Verstellung des Schiebers nothwendig. Doch soll der untere Rand des Schiebers nicht bis in gleiche Höhe mit der Achse kommen, da sich sonst Wirbel hinter den Flügeln einzustellen beginnen.

Der Schieber besteht aus Brettern von 10 cm Breite und einer Dicke von 2·5 bis 3·5 cm bei 1·5 bis 3 m Breite des Ventilators. Dieselben werden durch aufgeschraubte Streifen Bandeisen von 50 mm Breite und 3 mm Dicke, welche in Abständen von etwa 0·5 m liegen, zusammengehalten. Die Bewegung des Schiebers erfolgt durch eine Kette, welche ausserhalb des Schlotes aufsteigt, oben über zwei Rollen gelegt,

---

1) Bull. soc. ind. min. 1881, 10. Bd., S. 109.

2) Ebendas. 1882, 11. Bd., S. 873 u. 878.

3) Nach Uhland's prakt. Maschinen-Constructeur 1876, 9. Bd., S. 82, soll das von der Kurbel entferntere Lager um 6 mm höher gelegt werden, als das andere, so dass die eingebogene Welle nächst der Kurbel eine horizontale Lage erhält. Es ist jedoch nicht klar, wie die daraus resultirende schräge Stellung des Rades selbst vermieden werden soll.

4) Vergl. Joh. Mayer in Oesterr. Zeitschr. 1880, S. 287.

dann durch den Schlot herabgeführt und in zwei Theile gegabelt ist, welche durch stärkere Beschläge mit den obersten Brettern des Schiebers verbunden sind.

Der Schieber muss sich den Führungsrinnen entsprechend krümmen, wobei die Bandeisen-Beschläge gebogen werden. Dies erschwert wesentlich die Bewegung, auch rosten die Führungen und der Schieber ist nur mit Anstrengung zu lockern; derselbe ist daher besser nach S. 88 herzustellen. Statt eines förmlichen Schiebers wurden zu Comberedonde nur Gusseisenplatten von 40 cm Breite angewendet; durch Zulegen oder Entfernen derselben wird die Grösse der Oeffnung regulirt.

Da der Schieber überhaupt nur wenig gebraucht wird, lässt man denselben bei neueren Ausführungen auch ganz weg und befestigt statt desselben nur einige dicht aneinander schliessende Bretter, mittels welcher die Austrittsöffnung so lange regulirt wird, bis der günstigste Gang eintritt.

Anwendung der Guibal-Ventilatoren. Die besprochenen Ventilatoren dürften bei guter und der gleichwerthigen Oeffnung der Grube angepasster Ausführung kaum von einer anderen Art Ventilatoren an Wirkungsgrad übertroffen sein; sie zeigen einen soliden Bau und gewähren grosse Sicherheit des Betriebes. Sie sind daher in beträchtlicher Anzahl, besonders in Belgien und Frankreich, dann auch vielfach in Deutschland und England, sowie in mehreren Exemplaren in Oesterreich zur Ausführung gekommen. Indessen sind doch einige Einwendungen gegen dieselben zu erheben. Das Rad erfordert eine grössere Breite, durch welche im Verein mit dem bei stärkerer Depression nothwendigen grossen Durchmesser das Gewicht und die Herstellungskosten sehr anwachsen. Die Last des Rades ruft eine bedeutende Achsenreibung hervor (diese consumirt angeblich beim Ventilator von Couillet 6 Pferdekräfte bei 42 Pferdekräften Leistung). Bei engen Gruben sind sie nicht am Platze und geben, für solche benützt, einen geringen Wirkungsgrad, wie durch Versuche in Preussen vielfach constatirt wurde.[1]) Sie sind daher gegenwärtig dort weniger beliebt und haben durch die neueren Constructionen eine starke Concurrenz erlitten; unter 49 in den Jahren 1880 bis 1883 neu erbauten Ventilatoren befanden sich nur 12 Guibal'sche.

Ventilator mit gekrümmtem Schlot. Auf einer der Kohlengruben im Lütticher Becken stand[2]) ein Ventilator von der in Fig. 81 und 82 dargestellten Ausführung im Betrieb, welcher dem Guibal'schen System zuzurechnen ist, da er einen fast gar nicht erweiterten Auslaufraum be-

1) Bericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 5. Bd., S. 3.

2) Nach Vandenpeereboom, Note sur les ventilateurs etc. Louvain 1878, S. 73.

sitzt. Das Rad hat 4·2 m äusseren und 2 m inneren Durchmesser und 1·1 m Breite. Das Gehäuse geht in einen gekrümmten Schlot über, dessen Decke aus Blech besteht, welches an Holzbalken befestigt ist, während das übrige Gehäuse gemauert ist. Bei Versuchen, die im Jahre 1874 abgeführt wurden, soll der Ventilator bei 40 bis 60 Touren Depressionen von 55 bis 120 mm, Luftmengen von 8 bis 12 m³ in der Secunde und Wirkungsgrade von 0·41 bis 0·46 ergeben haben.

Durch die Krümmung des Schlotes kann an Mauerwerk erspart werden, doch ist derselbe in der skizzirten Ausführung zu kurz und zu rasch erweitert; im Untertheil der Schlotmündung dürfte Wirbelbildung stattfinden.

Beer's Ventilatoren. Von Ch. Beer's Maschinenfabrik in Jemeppe bei Lüttich werden Ventilatoren hergestellt, bei welchen die Beseitigung der Nachtheile der Guibal'schen Construction angestrebt ist. Beer nimmt zwei Saugöffnungen an, wodurch der Ventilator einen kleineren inneren Durchmesser erhält, demzufolge auch der äussere vermindert werden kann. Die Tourenzahl ergibt sich dabei grösser, kann aber bei den jetzt verwendeten rasch laufenden Maschinen ohne Anstand erreicht werden. Die Geschwindigkeit U_1 der Luft in der Saugöffnung nimmt Beer zu

$$U_1 = 6{\cdot}8 \text{ m}$$

an, die Breite b grösser als den nach S. 24 bei 2 Saugöffnungen resultirenden Werth gleich dem inneren Halbmesser R_1, und zwar

$$b = 2\ R_1,$$

endlich den äusseren Halbmesser

$$R_2 = 3\ R_1;$$

nur wenn dabei die Tourenzahl zu gross wird, ist R_2 noch zu vergrössern. Die Neigung der Aussenwand des Schlotes setzt Beer höchstens gleich 0·2 (nach Devillez ist dieselbe gleich 0·14 zu nehmen, S. 52).

Ein hiernach construirter Ventilator war 1878 zu Paris ausgestellt; derselbe hatte 4·2 m äusseren und 1·4 m inneren Durchmesser. Das Gehäuse desselben ist aus Blech, der Untertheil aus Gusseisen hergestellt, daher der Ventilator bei Senkungen des Bodens leicht gehoben, auch leicht von einem Schachte zum anderen transportirt werden kann. Er wird durch eine Dampfmaschine von dem Beer'schen Typus mit drei nebeneinander stehenden Cylindern betrieben. Für die Einrichtung des Ganzen werden folgende zwei Combinationen aufgestellt:

Reine Leistung der Maschine Pferdekräfte	56	40
Tourenzahl	187	135
Depression mm Wasser	148	74
Luftmenge in der Secunde m³	23	32

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass für den Ventilator selbst der sehr hohe Wirkungsgrad von 0·8 angenommen ist.

Der Vortheil der beschriebenen Anordnung besteht wie bei den anderen schnell laufenden Ventilatoren besonders in der Verminderung der Anlagekosten, welche beträchtlich weniger als die eines gewöhnlichen Guibal-Ventilators von gleicher Leistung betragen.

Dinnendahl's Ventilator.

Die Figuren 83 bis 85 zeigen den Einbau und 92 bis 98 die Detailconstruction eines Ventilators, wie solche in zahlreichen Exemplaren von R. W. Dinnendahl's Maschinenfabrik „Kunstwerkerhütte" zu Huttrop bei Steele in Rheinpreussen construirt und ausgeführt wurden. Der dargestellte Ventilator hat 8 m Durchmesser und 2 m Flügelbreite. Von dem Guibal-Ventilator unterscheidet er sich dadurch, dass der Auslauf wie bei gewöhnlichen Centrifugal-Ventilatoren spiralförmig erweitert ist und die Luft continuirlich statt intermittirend aus den Zellen abströmt. Aus diesem Grunde fällt der Schieber weg und der Apparat hat mit dem Guibal'schen im Bau des Flügelrades viel Aehnlichkeit, doch nicht mehr dasselbe Princip.[1])

Der Saugkanal (Fig. 83 bis 85) theilt sich in zwei Aeste, welche die Luft den beiderseits am Rade befindlichen Saugöffnungen zuführen; in den gemauerten Kanälen sind alle Ecken möglichst abgerundet, um die Bewegungshindernisse der Luft zu vermindern. Das Mauerwerk des Schlotes tritt gegen unten zurück und ist durch Bögen *b* (in Fig. 84 punktirt angedeutet) gestützt.

Zum Betrieb dienen zwei Dampfmaschinen, welche alternirend in Gang gesetzt werden können. Die Fundamentschrauben derselben sind durch den Kanal *c* (Fig. 84 und 85) zugänglich. Die Ventilatorwelle ruht in zwei Lagern, dem Kurbellager nächst der Dampfmaschine und einem zweiten, das sich auf einem Lagerstuhl von T-Form in der einen Saugöffnung befindet.

Fig. 92 ist die Ansicht, 93 der Querschnitt mit der Ansicht eines Flügels, 94 der Schnitt nach *MN* in Fig. 93, von der linken Seite an-

---

1) Von Herrn Ochwadt wurden mit dem Dinnendahl'schen Doppelventilator der Abtheilung Lampennest der Grube von der Heydt Versuche abgeführt (Preuss. Zeitschr. 1888, 26. Bd., S. 278) und daraus der Schluss gezogen, dass die Guibal'schen Ventilatoren viel zu breit seien, welcher Schluss sich jedoch eben nur auf die Dinnendahl'sche Construction bezieht, deren Berechnung in der That ganz nach der allgemeinen Theorie durchzuführen ist und nach S. 24 nur die durch (36) gegebene Breite ergibt, während der Guibal-Ventilator nach S. 51 wegen der anderen Bewegungsart der Luft eine grössere Breite erhalten muss.

gesehen; Fig. 96 und 98 sind Details der Stellen *A* und *B* in Fig. 94, endlich sind Fig. 95 und 97 Schnitte nach *OP* und *QR* in Fig. 92 und 94.

Auf der Welle befinden sich zwei gusseiserne Naben mit radialen Armen, an welchen schmiedeiserne, der Flügelkrümmung entsprechend gebogene und das Gerippe der ganzen Construction bildende Arme *s* von $^{16}/_{115}$ mm Querschnitt festgeschraubt sind. Mit diesen Schienen sind nach Fig. 92 und 95 mittels Winkeleisen die 5 mm starken Flügelbleche verbunden; jeder Flügel besteht aus zwei Blechen, welche in der Mitte der Radbreite durch T-Eisen *a* (s. auch Fig. 93) vereinigt sind, die zugleich zur Absteifung dienen. Letzteren Zweck erfüllen auch die am äusseren und inneren Flügelende befindlichen, parallel zur Welle liegenden T-Eisen, deren eines in Fig. 98 durchschnitten erscheint.

Die beiden Einlaufkegel Fig. 93 und 94 bestehen aus entsprechend gekrümmten Blechstreifen, welche in radialen Fugen zusammenstossen und durch aufgenietete Laschen verbunden sind. Am inneren Ende sind diese Blechstreifen mit den auf die Radnaben aufgezogenen Schmiedeisenringen verschraubt, aussen mit dem inneren Rande einer ringförmigen Blechscheibe von 5 m Durchmesser vernietet, welche sich nahe der Mittelebene des Rades befindet, aus einzelnen an den Flügeln zusammenstossenden Theilen besteht und am äusseren Umfange durch einen Ring (Fig. 94) von $^{4}/_{40}$ mm verstärkt ist. Die Theile dieser Blechscheibe *pp* sind nach Fig. 94 und 96 einerseits (an der Rückseite der Flügel) mit den Mittelrippen der T-Eisen *a*, anderseits durch besondere Winkeleisen *b* mit den Flügelblechen verbunden. Die Winkeleisen *b* reichen von *B* nur bis *A*, die T-Eisen, welche die Flügelhälften verbinden, bis an das äussere Ende des letzteren. Der Ring am Umfange der Mittelscheibe *pp* besteht aus Segmenten, deren Enden an *a* und *b* befestigt sind.

Von Details ist noch zu erwähnen, dass die Verbindungen der Arme an den Kreuzungspunkten *n* (Fig. 92) durch conische Schrauben von $^{7}/_{8}$ Zoll Stärke erfolgen, d. h. durch Schrauben ohne Kopf, mit conischem Bolzen und cylindrischem Endstück, an welchem die Gewinde geschnitten sind. Nachdem das Armgerippe in dieser Art fixirt ist, wird dasselbe bei *m* durch gewöhnliche 1 Zoll starke Schrauben an den Armen der Rosette befestigt.

Mit den Flachschienen *s* (Fig. 92 und 93) werden die Winkeleisen durch die $^{3}/_{4}$ und $^{7}/_{8}''$ conischen Schrauben *q* und *n*, dann durch $^{5}/_{8}''$ gewöhnliche Schrauben *r* verbunden, an den Winkeleisen die Flügelbleche erst durch $^{3}/_{4}''$ conische Schrauben *q* fixirt und sonach mittels 13 mm Nieten befestigt. Die conischen Schrauben ermöglichen die genaue

Montirung, welche durch gewöhnliche Schrauben und Nieten allein nicht erzielbar wäre und wegen des geringen Spielraumes zwischen Flügeln und Gehäuse, der hier beiderseits nur $7^1/_2$ mm beträgt, nothwendig ist.

Die der Kurbel zugewendete Rosette hat 320, die andere nur 310 mm Naben-Bohrung, damit beide Rosetten bequem von der einen Seite der Welle aufgezogen werden können, nachdem die Kurbel am anderen Ende aufgekeilt ist.

Die Breite (2 m) des Rades ist 1·6 des Halbmessers (1·25 m) der Saugöffnung, also verhältnissmässig gross, wie der Vergleich mit Formel (36) zeigt; dadurch wird der nachtheilige Einfluss der Contraction ausgeglichen. —

Auf dem Bergbau der Trifailer Kohlenwerksgesellschaft zu Sagor bei Cilli in Steiermark ist ein Ventilator mit verticaler Achse derart auf den Schacht gestellt, dass seine Saugöffnung mit der Schachtmündung correspondirt. Die Construction des Rades ist die Guibal'sche, doch ist ein erweiterter Auslaufraum mit (horizontalem) Schlot vorhanden, so dass dieser Ventilator mit dem Dinnendahl'schen übereinstimmt. Das Flügelrad, welches sich in einer die Schachtmündung concentrisch umgebenden Vertiefung befindet, hat 4 m äusseren, 0·8 m inneren Durchmesser und 0·8 m Breite, mithin doppelt so viel als den theoretischen Werth. Der Betrieb erfolgt durch eine Maschine ohne Umsetzung, deren Cylinder auf einem das Ventilatorrad überspannenden Träger liegt, ähnlich wie bei Harzé's Ventilator. Bei 100 Touren werden 8 m^3 Luft in der Secunde geliefert.

Ventilator von Kley.

Der Ventilator von Kley zeigt einen wesentlichen Unterschied gegen die früher besprochenen Arten. Die Luft erhält bei demselben schon vor dem Eintritt in das Rad eine drehende Bewegung, zu welchem Zwecke die Luftzuführung in anderer Weise als sonst stattfindet. Der cylindrische Innenraum des Rades ist an einer oder beiden Seiten durch eine im Gehäuse ausgesparte Höhlung verlängert, welche am Umfange von einer spiralförmigen Wand begrenzt wird und in welche tangential der Saugkanal an der Stelle mündet, wo die Spiralwand am weitesten von der Achse absteht. Die Weite des Saugkanales ist entweder nach Fig. 106, worin S diesen Kanal bedeutet, der radialen Weite des spiralförmigen Raumes gleich, oder, wie bei neueren Ventilatoren, nach Fig. 129 grösser als jene Weite, so dass die obere Wand des Saugkanals den Umfang der Saugöffnung nicht berührt, sondern schneidet; dadurch ist die nachtheilige Verengung des Luftstromes beim Eintritt in die „Einlaufspirale" vermieden.

Die aus dem Saugkanal kommende Luft erhält nun, indem sie auf die Spiralfläche trifft, die drehende Bewegung und wird dann seitlich in das Rad eingesaugt, dessen Flügel die Drehbewegung verstärken; die Fliehkraft bewirkt schliesslich wie bei anderen Ventilatoren die Ausströmung vom Radumfange. Der Flügelraum ist gegen aussen derart verengt, dass die relative Geschwindigkeit an der Ein- und Austrittsseite gleich wird.

Da die Luft beim Eintritt in das Rad schon eine gewisse Umfangsgeschwindigkeit besitzt, kann der Eintrittswinkel α_1 klein, d. h. das innere Flügelende wenig zurückgeneigt sein, wobei die Radkanäle weiter ausfallen und die Zuströmung der Luft erleichtert ist. Bei den älteren Ventilatoren sind die Flügel geradlinig und nahe radial, also $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$, bei neueren ist der Winkel $\alpha_1 = 30^0$ genommen und sind die Flügel aussen vorwärts geneigt.

Bei den neueren Ventilatoren ist ferner das Rad von einem ringförmigen Diffuser und dieser erst von dem spiralförmigen Auslaufraume umgeben, so dass die Geschwindigkeit der Luft schon vor deren Eintritt in den Schlot herabgesetzt wird.[1])

Dimensionen und Leistung. Die Ermittlung der Dimensionen soll an einem Beispiele gezeigt werden. Bei dem unten beschriebenen Ventilator zu Osterfeld ist $\alpha_1 = 30^0$ und sind die äusseren Flügelenden vorwärts gekrümmt ($\alpha_2 = -20^0$). Der Werth A in dem für solche Flügel angegebenen Ausdruck (61) ist vernachlässigt, wodurch sich der letztere in den für radiale Flügel gültigen (31) verwandelt. Für eine Depression von 0·114 m im Saugkanal ist die vom Ventilator zu erzeugende Depression gleich 0·139 m gesetzt und hiernach ergibt sich für $m = 1{\cdot}3$ und $R_2 = 2{\cdot}7$ m aus (31) die Tourenzahl $n = 150$. Ferner ist der innere Halbmesser gleich der Hälfte des äusseren, also $R_1 = 1{\cdot}35$ m, und die Geschwindigkeit der Luft im Einlaufraume gleich 0·6 der inneren Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators (21·125 m), also gleich 12·68 m angenommen,

1) Es liegt der Gedanke nahe, den Einlaufraum E (Fig. 104) an der vom Flügelrad entfernteren Seite nicht durch eine ebene Wand, sondern wegen besserer Einführung der Luft in das Innere des Rades durch eine Schraubenfläche zu begrenzen, welche einen ganzen Umgang bildet; die Ganghöhe derselben wäre gleich der parallel zur Achse gemessenen Weite des Saugkanales zu setzen und dieser müsste an der Mündung in den Einlaufraum, der Steigung der Schraubenfläche entsprechend, etwas schräg statt parallel zur Radebene gerichtet sein. Herr Kley ist jedoch, wie er dem Verfasser mittheilt, wegen zu schwieriger Herstellung der Schraubenfläche aus Blech oder Mauerwerk von dieser Construction abgegangen, und der Vorgang bei der Einströmung der Luft kann nun dahin aufgefasst werden, dass der Einlaufraum zum Theil von einer keine seitliche Bewegung besitzenden Luftmasse erfüllt wird, welche sich von selbst in einer Art Schraubenfläche gegen die in das Rad einströmende Luft scheidet.

und da zwei Saugkanäle vorhanden sind, ergibt sich der Querschnitt der Mündungen derselben in den Einlaufraum bei 50 m³ Luft pro Secunde gleich $\frac{50}{2.12{\cdot}68} = 2{\cdot}0$ Quadratmeter. Die Luftmenge soll bis auf 66 ²/₃ m³ gesteigert werden können.

Die innere und äussere Breite des Ventilators sind so ausgemittelt, dass die relative Ein- und Austrittsgeschwindigkeit gleich sind und die Summe der normalen Kanalweiten dem Querschnitte der beiden Saugöffnungen gleichkommt, dass also (vergl. S. 39)

$$2\, R_2\, \pi\, b_2 \cos \alpha_2 = 2\, R_1\, \pi\, b_1 \cos \alpha_1 = 2\, R_1^2\, \pi$$

wird, wonach sich b_1 und b_2 ergeben. Der Schlot endlich ist derart erweitert, dass nach S. 30 die Abnahme der lebendigen Kraft der Luft proportional der Höhenzunahme des Schlotes stattfindet.

Die Umsetzung von der Maschine zum Flügelrade ist eine nahe dreifache. Das Verhältniss der reinen Leistung (50 m³ Luftmenge und 139 mm Depression) zur indicirten Leistung der Dampfmaschine ist gleich 0·56 und daher diese Leistung gleich 168 Pferdekraft angenommen.

Der Vorzug des Kley'schen Ventilators [1]) liegt besonders in dem erleichterten Eintritt der Luft, zufolge dessen der Ventilator auch bei kleinerem Durchmesser und grösserer Tourenzahl für weite Gruben gut verwendbar ist. Bei Aenderung der Tourenzahl soll der Wirkungsgrad nicht abnehmen. Auf der Grube Zollverein war früher ein Guibal-Ventilator ohne Umsetzung von 9 m Durchmesser und 3 m Breite im Gange, welcher durch einen Kley'schen von 4 m Durchmesser und 0·5 m Breite ersetzt wurde, der von derselben Dampfmaschine, jedoch mit Umsetzung betrieben wird und die Luft auf dem gleichen Wege ansaugt; der Kley-Ventilator ergab eine um 14 Proc. höhere Leistung. [2])

Der genäherte manometrische Wirkungsgrad beträgt bei Grubenventilatoren durchschnittlich 0·51, daher der Coëfficient für die Steigerung der Tourenzahl (S. 21) $m = 1{\cdot}4$, wobei jedoch die Depression im Saugkanal in Rechnung gezogen ist. Berücksichtigt man statt dessen die Depression in der Spiral-Vorkammer, so stellt sich der genannte Wirkungsgrad auf 0·71 [3]) und wird $m = 1{\cdot}19$. Bei den neueren Ventilatoren ist, wie oben bemerkt, die Verengung des Luftstromes beim Eintritt in jene Kammer vermieden und wird daher die Depression im Saugkanal entsprechend grösser. Aus der folgenden Tabelle ergibt sich, dass für die Berechnung der Ventilatoren $m = 1{\cdot}3$ bis $1{\cdot}4$ angenommen ist.

---

1) Nach Althans, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 234.

2) Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 265.

3) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, Bd. V, S. 14 u. 16.

Ausser als Wettermaschinen sind die Kley'schen Ventilatoren, welche nach dem Angeführten sehr günstige Resultate ergeben, schon viel auch für andere Zwecke hergestellt worden. Nachstehende Tabelle gibt die Hauptverhältnisse der bis Ende 1888 ausgeführten Gruben-Ventilatoren dieses Systems.

Aufstellungsort	R_2	R_1	b_2	b_1	n	M	h
	m					m^3	m
1) Schmidtmannschacht bei Aschersleben	4·5	3	0·8	1·2	72	30	0·104
2) Zeche Zollverein, Schacht I, bei Altenessen	2	1·2	0·52	1	160	30	0·080
3) Wilhelmschacht bei Mährisch-Ostrau	4·5	3	0·7	1·2	72	20	0·086
4) Schacht Recklinghausen II bei Herne	4·5	3·4	1·14	1·5	70	40	0·075
5) Schachtanlage bei Libuschin in Böhmen	4·5	3	0·89	1·35	64	25	0·064
6) Zeche Osterfeld bei Oberhausen	2·7	1·35	0·72	1·56	150	50	0·114
7) Zeche Concordia, Schacht I bei Oberhausen	2	1·2	0·52	1	160	$33^1/_3$	0·080
8) Zeche Graf Bismarck, Schacht II b. Schalke	2	1·2	0·52	1	170	$33^1/_3$	0·075
9) Sulzbach bei Saarbrücken	3·5	2·25	0·78	1·35	75	30	0·068
10) Schacht VII zu Brandeisl in Böhmen	4·5	3	1	1·5	60	30	0·072
11) Ernst Solvay-Schacht b. Roschwitz in Anhalt	6	3·375	0·8	1·5	52	$41^2/_3$	0·090

Diese Tabelle zeigt übrigens, dass die kleinen Durchmesser und grösseren Tourenzahlen durchaus nicht endgültig angenommen sind, indem gerade die drei neuesten Ventilatoren 9 bis 11 wieder ohne Transmission ausgeführt wurden; die zu besorgenden Uebelstände der letzteren dürften dazu den Anlass gegeben haben.

Es sollen nun einige von der Gutehoffnungshütte bei Sterkrade hergestellte Anlagen, und zwar die unter Nr. 1, 6 und 8 der Tabelle angeführten beschrieben werden.

Ventilator am Schmidtmannschacht. Construction und Einbau dieses Ventilators, welcher 9 m Durchmesser besitzt, zeigen Fig. 99 bis 106; das Rad selbst Fig. 99 und 100. Dieses hat eine doppelte Nabe, welche durch Tangentialkeile befestigt und nebstdem durch einen Querkeil *a* an eine Verstärkung der Welle gedrückt und so gegen Verschiebung gesichert ist. Das Rad befindet sich am freien Wellen-Ende; das nächstgelegene, in Fig. 100 nicht gezeichnete Lager ist auf einem Rahmen *r* befestigt, der durch 4 Schrauben verankert wird. Eine an diesem Rahmen angegossene Platte mit einer Rippe am Umfang schliesst die Maueröffnung, in welcher das Lager steht.

An den Rosetten sind durch conische Schrauben Winkeleisen und an diesen durch Nieten die 5 mm starken Flügel befestigt. Die von der radialen abweichende Lage der Winkeleisen gestattet dieselben weiter

gegen die Mitte der Nabe zu erstrecken und daher solider zu befestigen. Die Winkeleisen sind durch Ringe verbunden, welche am inneren Rande der Flügel herumlaufen und aus je vier durch Laschen vereinigten Theilen bestehen. Die Streben *s* (Fig. 99) stützen die Flügel, während zur Absteifung des Rades in seitlicher Richtung die Schienen *t* (Fig. 100) dienen, welche abwechselnd in den beiden Diagonalen des Raumes zwischen Nabe und Kranz liegen.

Die Flügel sind nahe radial und haben beiderseits 5 mm Spielraum gegen das Gehäuse.

Der Auslaufraum ist mit einer Hülle aus kastenförmigen Gussstücken umgeben, deren Form Fig. 99, 100 und 102 erkennen lassen. Dieselben sind 40 cm breit, 1·2 m lang und bedecken beiderseits von dem 0·8 m weiten Auslaufraume das Mauerwerk auf je 20 cm Breite. Die Wände der Kästen sind aussen dünner, daher zwischen denselben Fugen entstehen, welche luftdicht verstrichen werden. Um die Schlussplatten am Scheitel bequem herausnehmen zu können, sind an denselben je zwei Ringe *u* (Fig. 99) eingeschraubt.

Im unteren Theil der Verkleidung sind zwei Kästen *k* länger gehalten, so dass sie mit beiden Enden in Nischen der Mauer ruhen und die obere Verkleidung stützen; die unter *k* befindlichen Kästen können daher herausgenommen und dadurch ein Zutritt zum Ventilator eröffnet werden. Zu diesem Zwecke sind wieder Ringe *u* vorhanden, welche den Kasten k_1 bequem anzufassen gestatten.

Die Essen-Mauer ist wie bei Guibal-Ventilatoren durch eine hohle gusseiserne Traverse *t* (Fig. 101 und 103) gestützt, welche wegen guter Auflage an beiden Enden plattenförmige, durch Rippen verstärkte Ansätze hat.

Den Einbau dieses Ventilators zeigen die Fig. 103 bis 106, von welchen Fig. 103 den Schnitt nach *CD* (Fig. 104), durch die Mitte des Ventilators gelegt, und Fig. 106 den Schnitt nach *AB*, d. i. durch den Einlaufraum darstellen. Der Ventilator und der Schlot befinden sich in einem Mauerkörper, dessen Längenwände mit den Gebäudemauern zusammenstossen. Der Einlaufraum *E* ist nach Fig. 104 und 105 durch die vordere Gebäudemauer begrenzt.

In den Einlaufraum mündet der überwölbte Saugkanal *S* (Fig. 106), dessen Breite sich von 1·2 m auf die des Einlaufraumes von 1 m allmälig verjüngt, während seine Höhe von 2·5 m bis auf 1·53 m abnimmt. Durch eine Oeffnung *o* mit Deckel ist dieser Kanal zugänglich. Die Innenwand des Einlaufraumes *E* ist nach Fig. 104 und 105 gegen den Ventilatorraum hin abgeschrägt, um den Uebergang der Luft in das Rad zu erleichtern. Die Einlaufspirale ist nach Fig. 106 aus 6 Bögen construirt,

deren Mittelpunkte in den Ecken eines Sechseckes von 0·255 m Seitenlänge liegen, da die Höhe des Saugkanals, in der Verticalen der Radachse gemessen, 1·53 = 6 . 0·255 m beträgt.

Der Auslaufraum (Fig. 103) hat 0·8 m Breite, seine schliessliche radiale Dimension ist 1·32 m, daher das Sechseck, aus dessen Eckpunkten die Bögen beschrieben sind, 0·22 m Seitenlänge besitzt. Derselbe ist mit der oben erwähnten Decke aus Gusseisen versehen; an seinem tiefsten Punkte befindet sich ein Rohr *n* (Fig. 105) zum Abfluss des sich etwa niederschlagenden Wassers. Durch eine Oeffnung o_1 kann man zum Rade zutreten. Der Schlot erweitert sich gegen oben und hat wie beim Guibal-Ventilator an der Aussenseite eine überwölbte Nische zur Ersparung an Material.

Aus Fig. 104 ist noch die Anordnung der zum Betrieb dienenden Dampfmaschine ersichtlich; sie hat 0·47 m Cylinderdurchmesser und 0·85 m Hub. Das Fundament besteht aus zwei rechtwinklig zusammenstossenden Theilen. In der Umgebung der Maschine ist die Sohle um 1·2 m erhöht und durch die Treppe *s* zugänglich.

Bei Versuchen[1]) bis zu 72 Umdrehungen in der Minute ergab sich bei letzterer Tourenzahl der grösste Wirkungsgrad; die Depression betrug dabei 0·104 m Wasser, die Luftmenge 30 m^3 in der Secunde, das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit des Dampfes 0·58. Dabei wird jedoch angeführt, dass zur Sicherheit eine verhältnissmässig grosse Maschine zur Anwendung kam, welche daher auch ungünstig arbeitet. Ferner ist der Schlot nach oben zu rasch erweitert, daher die austretende Luft dessen Querschnitt nicht vollkommen erfüllt. Endlich ist der Einlaufkanal zu eng, da derselbe im übrigen Theil zwar 3, beim Eintritt in die Einlaufspirale aber nur 1·5 m^2 Querschnitt besitzt, so dass die Geschwindigkeit der Luft (bei einem Volum von 30 m^3 pro Secunde) dort 20 m beträgt.

Aehnlich dem beschriebenen ist der von Sauer am Wilhelmschacht bei Mährisch-Ostrau erbaute Kley-Ventilator. Nur ist der Saugkanal nicht horizontal, sondern gegen den Ventilator steigend angeordnet und seine obere Wand nicht tangential zum inneren Radumfange gerichtet. Das Rad hat 9 m äusseren und 6 m inneren Durchmesser, der Flügelraum innen 1·2 und aussen 0·7 m Breite, die Zahl der Flügel beträgt 24. Derselbe lieferte folgende Resultate[2]):

bei Touren	Depression	Werth m	Luftmenge in 1 Sec.
49	0·043 m	1·26	16·4 m^3
70	0·088 „	1·26	21·0 „

1) S. „Glück auf“ 1886, Nr. 10.

2) Nach Hrn. Sauer's Mittheilung.

während sich beim Guibal-Ventilator am Josefschacht, welcher 9 m Durchmesser hat, folgende Zahlen ergaben:

bei Touren	Depression	Werth *m*	Luftmenge in 1 Sec.
32	0·019 m	1·24	14·6 m^3
60	0·050 „	1·43	27 „

Der Kley'sche Ventilator saugte dabei aus einem Wetterschachte von nur 2·2, der Guibal'sche aus einem solchen von 4·5 m^2 Querschnitt, daher letzterer unter bedeutend günstigeren Verhältnissen arbeitete.

Ventilator der Zeche Graf Bismarck. Dieser ist ein schnelllaufender mit zwei Einlaufspiralen, einem ringförmigen und ausserhalb desselben einem spiralförmigen Auslaufraume. Das Rad ist nicht am freien Wellen-Ende, sondern zwischen zwei Lagern befestigt, die Flügel sind gekrümmt, die Seitenwände des Flügelraumes laufen parallel aus (S. 39) und der Schlot zeigt eine zunehmende Erweiterung.

Der Ventilator ist durch Fig. 112 bis 117 und 126 bis 129 dargestellt. Er hat 4 m äusseren, 2·4 m inneren Durchmesser, 0·51 m äussere und 0·99 m innere Flügelbreite und ist auf Lieferung von $33^1/_3$ m^3 Luft pro Secunde bei 75 mm Depression und 170 Touren bestimmt.

Das Rad (Fig. 112 und 113) besitzt eine einzige, hier durch Stellschrauben *s* (Fig. 113) gegen Verschiebung gesicherte Gussnabe mit 8 Rippen, welche sowie die Nabenkränze 30 mm stark sind. Beiderseits sind 16 Arme aus Flacheisen angeordnet, durch einen aus zwei Theilen bestehenden Ring verbunden, an dem letzteren sowie an den Armen Winkeleisen und an diesen die 4 mm starken Flügelbleche befestigt. Je zwei gegenüberstehende Arme besitzen wieder eine Absteifung durch abwechselnd geneigte Diagonalbänder *t* (Fig. 113). Die Verbindungen zwischen Armen und Nabe erfolgen durch die aus Fig. 114 und die sonstigen durch die aus Fig. 115 ersichtlichen conischen Schrauben.

Die Flügel laufen radial aus, sind am inneren Ende unter 30° gegen den Halbmesser geneigt und beiderseits nach Fig. 113 durch Kreisbögen begrenzt.

Der Einbau ist durch Fig. 126 bis 128 im Längenschnitt, Grundriss und Querschnitt dargestellt; Fig. 117 ist ein Querschnitt durch den Schlot, 116 ein Schnitt nach *gh* in Fig. 127. Der Saugkanal, welcher durch eine Einsteigöffnung zugänglich ist, theilt sich in zwei aufsteigende Aeste, welche in die Einlaufspiralen münden; den Verticalschnitt der letzteren zeigt Fig. 129. Die Eintrittskanäle sind hier weiter gehalten, als beim vorigen Ventilator, so dass die Geschwindigkeit der Luft im Hauptkanal 8, bei der Einmündung in die Saugspirale 10 m beträgt. A ist der concentrische, A_1 der spiralförmig begrenzte Theil des Auslaufraumes; diesen kann man durch die Einsteigöffnung *e* und mittels

eiserner Klammern befahren. Der Schlot ist im Längenschnitt (Fig. 126) durch parallele, im Querschnitt (Fig. 117) durch nach oben divergirende Wände begrenzt. Das Mauerwerk des Gehäuses steht isolirt von der Gebäudemauer, der Auslaufraum ist mit einem dünnen Gewölbe überdeckt.

Der Betrieb erfolgt durch eine Maschine von 0·5 m Durchmesser und 0·85 m Hub, welche die Bewegung durch einen Hanfseiltrieb mit nahe dreifacher Umsetzung (Durchmesser der Seilscheiben gleich 4·4 und 1·5 m) auf die Ventilatorwelle überträgt. Die Fundamentschrauben des Dampfcylinders und des Kurbellagers sind von der Vertiefung für die Spurscheiben her durch Querkanäle zugänglich, welche in Fig. 127 durch punktirte Linien angedeutet erscheinen.

Ventilator der Zeche Osterfeld. Dieser Ventilator, dessen Berechnung auf S. 97 gegeben wurde, ist in Fig. 121 und 122 dargestellt. Die Construction des Rades ist dieselbe wie beim vorigen Ventilator, die Nabe hat nur 6 Rippen, die Flügelbleche sind 5 mm dick und durch 13 mm Nieten befestigt. Zu den sonstigen Verbindungen sind conische Schrauben *a b* verwendet, von welchen *a* (Fig. 123) zur Befestigung der Arme an der Nabe, die übrigen *b* (Fig. 124 und 125) zu den Verbindungen zwischen Armen, Diagonalstreben, Ring und Winkeleisen dienen. Die Flügel, hier 18 an der Zahl, sind innen um 30° gegen den Halbmesser zurück-, aussen um 20° gegen denselben vorwärtsgeneigt, wie bei den Ventilatoren von Ser und Winter, wodurch die für eine gegebene Depression erforderliche Umfangsgeschwindigkeit herabgesetzt wird.

Die Anordnung dieses Ventilators ist im Grundrisse Fig. 118 skizzirt; Fig. 119 zeigt die obere Mündung des Schlotes und 120 den Querschnitt des Saugkanales. Der Betrieb erfolgt durch eine Maschine mit 0·53 m Cylinderdurchmesser und 1 m Hub, die Transmission ist die gleiche, wie beim früheren Ventilator. Die Anordnung unterscheidet sich besonders dadurch von der vorigen (Fig. 127), dass die Maschine zwischen die verlängerten Achsen des Ventilators und der grossen Seilscheibe und der Schlot *C* ausser das Gebäude verlegt ist. Das Ganze wird dadurch compendiöser, das Gebäude erhält kleinere Länge und geringeren Flächenraum, obgleich das Rad grösseren Durchmesser hat (5·4 gegen 4 m). Allerdings kommt dabei die kleinere Seilscheibe weiter vom Flügelrade weg zu liegen, daher letzteres auf eine besondere, durch eine Kupplung mit der Spindel der kleinen Seilscheibe verbundene Welle gelegt ist. Diese bei dem Guibal-Ventilator Fig. 74 (S. 88) bemängelte Einrichtung ist zwar hier weniger nachtheilig, weil die 4 Lager gut angeordnet sind, der Ventilator auf der Vorgelege-, nicht der Kurbelwelle sitzt, und

leichter construirt ist, doch wäre eine ungetheilte Welle mit nur zwei Lagern vorzuziehen.

Der gegabelte Saugkanal hat einen so grossen Querschnitt, dass bei 3000 m³ Luft pro Minute deren Geschwindigkeit 10 m beträgt. In dem Gebäude ist noch Raum für eine zweite Maschinenanlage.

Der Schlot besitzt wieder eine gegen oben zunehmende Erweiterung.

Pelzer's Ventilator.

Auch der Pelzer'sche Ventilator unterscheidet sich von anderen besonders durch die Bewegungsart der Luft. Diese strömt dem Rade in der Richtung der Achse zu, erhält zuerst durch die Schöpfschaufeln ihre rotirende Bewegung und gelangt dann zwischen die eigentlichen Ventilatorflügel, wo sie, dem Einflusse der Centrifugalkraft folgend, sich gegen den Umfang des Rades bewegt und dort austritt. Die neueren Ventilatoren zeigen gegen die älteren eine verbesserte Construction und werden mit einem spiralförmigen Auslaufraume und einem erweiterten Schlot versehen. Im Folgenden sind zwei solche neuere Ausführungen beschrieben.

Ventilator von 2·5 m Durchmesser. Die Detailconstruction eines solchen Ventilators von 2·5 m Durchmesser ist durch Fig. 149, 150 und 165 bis 173 gegeben. Fig. 149 ist der Längenschnitt, welcher die Form der Flügel zeigt; das Rad enthält zwölf Schöpfschaufeln *s* und ebensoviel an diese angeschlossene Flügel, und zwar sechs Hauptflügel *a c d f* abwechselnd mit sechs Zwischenflügeln *b c d f*. Fig. 150 ist im unteren Theil die Ansicht von der Saugseite, im oberen der Schnitt senkrecht zur Achse. Von den Schöpfschaufeln sind nur die zwei untersten eingezeichnet.

Da die letzteren der Luft bereits die rotirende Bewegung ertheilen, sind die Flügel selbst geradlinig und radial gerichtet. An der Kante *b h* jedes Flügels und die Fortsetzung desselben bildend, ist eine Schöpfschaufel *s* befestigt. Diese ist aus Blech in der Form Fig. 171 geschnitten, mit der Kante *b h* an den Flügel befestigt und zu einer Kegelfläche gebogen, deren Spitze sich in *h* befindet; *b h* ist eine Seite des Kegels, an dessen Fläche sich längs dieser Seite der Flügel tangential anschliesst, wie auch der concentrische Schnitt Fig. 170 eines Flügels nebst Schöpfschaufel *s* zeigt. Die Luft strömt parallel zur Radachse zu, wird wegen der Krümmung der Schöpfschaufel ohne Stoss von dieser aufgenommen und allmälig in Drehung versetzt. Bei der angegebenen Krümmung der Schaufel wird der Winkel, den der concentrische Schnitt des Schaufelendes mit der Richtung der Radachse einschliesst, gegen die Aussenseite des Rades grösser, was für die Vermeidung des Stosses beim

Eintritte günstig ist, weil am äusseren Umfange auch die Peripheriegeschwindigkeit grösser ist.

Die Schöpfschaufeln haben 2·5 mm, alle sonstigen Blechtheile des Rades 3 mm Stärke.

Die Nabe des Rades (Fig. 149) trägt an beiden Enden heiss aufgezogene Ringe. An dieselbe schliesst sich eine aus sechs Theilen zusammengesetzte conische Blechscheibe *d f*, welche am inneren und äusseren Umfange, bei *e f* und *d*, durch Blechringe verstärkt ist. Der innere Ring *e f* dient dazu, die Verbindung der Scheibe mit der Nabe haltbarer zu machen. Die Befestigung an der Nabe erfolgt durch 16 mm starke Nieten, von welchen ein Theil zugleich die später erwähnten T-Eisen festhält.

Der Ring *e f* besteht aus zwei Theilen, deren Enden sich überdecken und zusammengenietet sind, der Ring bei *d* wie die Scheiben *d f* aus sechs Theilen, welche nach der in die Ebene aufgerollten Ansicht Fig. 173 durch T-Eisen *d f* verbunden sind.

Die Hauptflügel *a c d f* (Fig. 149) sind durch aufgenietete Bleche von der Form *a b e f* verstärkt, um dieselben solid an der Nabe befestigen zu können. Sie werden durch je 5 Schrauben von 20 mm mit radialen Rippen der Nabe verbunden und seitwärts an die Rippen der T-Eisen *d f* angenietet, wie auch in Fig. 170 angegeben ist. Die Zwischenflügel *b c d f* sind durch Winkeleisen, deren eines Fig. 173 zeigt, an der Ventilatorscheibe befestigt und nebstdem durch Bolzen *q* (Fig. 149 und 150) gehalten, welche mit Schraubengewinden in die Radnabe eingedreht und durch Gegenmuttern gesichert sind; die Köpfe der Bolzen stemmen sich gegen eiserne, an den Zwischenflügeln befestigte Widerlager. Die Bolzen *q* sichern die Flügel und überhaupt das ganze Rad gegen die Wirkung der Fliehkraft.

Zur Verbindung der Schöpfschaufeln mit den Flügeln dienen Winkeleisen, welche am Rande *b h* der Flügel und an der umgebogenen, in Fig. 171 mit *b h* bezeichneten Kante der Schöpfschaufeln festgenietet sind, wie auch Fig. 170 zeigt (bei dem später beschriebenen Ventilator ist diese Verbindung nach Fig. 156 ohne Winkeleisen hergestellt und dadurch das Hinderniss, welches diese der Luft entgegensetzen, beseitigt).

Ausserhalb der Schöpfschaufeln ist der Flügelraum durch einen Blechring *c h* (Fig. 149) gedeckt, welcher an den Winkeleisen *b c* befestigt ist und aus sechs Stücken besteht. Ein Theil desselben ist, in die Ebene aufgerollt, durch Fig. 172 dargestellt, in welcher eine der Verbindungen des Ringes erscheint, die blos durch Ueberdeckung und Nieten erfolgen.

Der Raum der Schöpfschaufeln ist durch einen steilen Blechconus eingeschlossen, welcher aus drei Theilen besteht, deren einen Fig. 169 aufgerollt zeigt. Der Conus ist mit umgelegtem Rande auf dem Blechringe *c h* (Fig. 149) festgenietet. Die Schöpfschaufeln (Fig. 171) werden längs der Kante *ih* umgebogen und durch einige Nieten an dem erwähnten Conus befestigt (s. auch Fig. 150); bei grösserer Dimension, wie bei dem unten angeführten Ventilator von 4 m Durchmesser, erfolgt diese Verbindung durch Winkeleisen.

Wegen der conischen Form der Blechscheiben *de* und *ch* tritt die Luft in einer zur Achse geneigten statt senkrechten Richtung aus, welche letztere sie erst im Diffuser erhält; die Ablenkung ist daher eine allmäligere.

Den Einbau des beschriebenen Ventilators zeigen Fig. 165 bis 168; Fig. 166 ist der Schnitt nach *MN*, 168 nach *PQ* und 165 nach *RT* des Grundrisses Fig. 167. Der Saugkanal *S* (Fig. 167) ist durch eine Vorkammer *A* und zwei Thüren zugänglich. Die Ventilatorwelle ruht in drei Lagern, deren zwei beiderseits von der Riemenscheibe *r* angeordnet sind, während sich das dritte innerhalb der Saugöffnung auf einer Traverse befindet. Diese besteht, abweichend von den sonstigen Ausführungen, nur aus einer Flachschiene, welche in der That für den Zweck genügt, da sie nur das Lager gegen eine Seitenbewegung zu sichern hat, während der Verticaldruck durch die untergestellte Säule aufgefangen wird. Eine solche Flachschiene setzt aber der eintretenden Luft ein geringeres Hinderniss entgegen, als ein gusseiserner Träger.

Der Auslaufraum ist zwischen zwei Mauern eingeschlossen, welche bis zur Linie *mn* (Fig. 166) hinaufragen und durch zwei Bolzen verbunden sind. In der einen dieser Wände befindet sich, nächst der Riemenscheibe *r* (Fig. 167), eine mit einem Gewölbe überdeckte Oeffnung, welche zum Einschieben des Ventilatorrades dient und dann mit Ziegeln verlegt wird. Bei *m* (Fig. 166) ist ein U-Eisen, bei *o* ein Winkeleisen eingelegt; an beiden sind zwei gebogene Winkeleisen und an diesen Blechplatten befestigt, welche die Decke des Auslaufraumes bilden. Vom tiefsten Theil des letzteren ist ein Abflussrohr für das aus der Grubenluft condensirte Wasser bis zu einer gemauerten Vertiefung geführt, aus welcher es ausgeschöpft werden kann. Da die Spannung im Auslaufraume kleiner ist, als die atmosphärische, muss die Mündung des Rohres in der Vertiefung mit Wasser überdeckt bleiben, wenn keine Luft durch das Rohr angesaugt werden soll.

An die Seitenwände des Auslaufraumes schliessen sich die höheren Mauern des Schlotes, deren Stärke von unten gegen oben abnimmt, so dass der Schlot die durch punktirte Linien in Fig. 165 angedeutete Erweiterung gegen oben erhält. Die eine in Fig. 166 durchschnittene

Stirnwand des Schlotes ist bei *m* durch ein kleines Gewölbe gestützt, dessen Widerlager sich in den Seitenwänden befinden, die unter dem Gewölbe durch einen Bolzen verbunden sind; die unter dem Bogen noch freie Oeffnung ist mit Ziegeln ausgelegt, welche auf dem U-Eisen *m* ruhen. Die zweite, geneigte Stirnwand ist wie bei den Guibal'schen Essen durch gemauerte Bögen gestützt und die Seitenwände sind daher durch drei Bolzen zusammengehalten; unten befindet sich eine Einsteigöffnung mit Thür.

Zum Betrieb dienen zwei Dampfmaschinen, welche einzeln oder zusammen in Gang gesetzt werden können. Die Bewegung wird durch $\frac{14}{3}$fache Umsetzung mittels Riemen an die Ventilatorwelle übertragen. Die Maschine befindet sich in einem aus Riegelwänden hergestellten Gebäude, welches einen mit einem Pultdach gedeckten, das vordere Ende der Ventilatorwelle einschliessenden Anbau besitzt.

Ventilator von 4 m Durchmesser. Ein für die Berginspection Friedrichsthal im Jahre 1888 gelieferter Pelzer-Ventilator von 4 m Durchmesser, mit 8 Haupt- und 8 Zwischenflügeln, ist durch Fig. 151 und 152 ähnlich wie der vorige dargestellt; ferner sind

Fig.	156	der	Schnitt	nach	*mn*	der Fig.	152
„	157	„	„	„	*ef*	„ „	151
„	158	„	„	„	*gh*	„ „	151
„	159	„	„	„	*ab*	„ „	151
„	160	„	„	„	*cd*	„ „	151.

In diesen Figuren sind *i* die Haupt- und *z* die Zwischenflügel, *s* die Schöpfschaufeln, *k* der Conus und *l* der Ring, welche den Flügelraum einschliessen, *r* der (hier cylindrische) Ring, welcher die Schöpfschaufeln umgibt. Die Construction zeigt nur wenig Unterschied gegen die des vorigen Ventilators. Die Schöpfschaufeln sind nach Fig. 156 direct mit den Flügeln verbunden und nach Fig. 157 am Ringe *r* durch Winkeleisen befestigt; die Nabe ist zweitheilig, die Zwischenflügel sind wieder durch Spannschrauben, deren Detail Fig. 154 und 155 zeigen, gegen die Radnabe festgezogen. Die Spannschrauben sind an der Stelle *q* (Fig. 154) vierkantig bearbeitet, um dieselben näher dem Gewinde anfassen und kräftig eindrehen zu können, ohne den Bolzen zu verwinden. Die Tragsäule und Flachschiene von 25 mm Stärke, welche das in der Saugöffnung befindliche Lager der Welle stützen, sind in Fig. 151 ersichtlich.

Den Einbau zeigen der Verticalschnitt Fig. 162 und der Grundriss Fig. 163; Fig. 161 ist der Querschnitt des Schlotes und Fig. 164 ein Schnitt der Saugöffnung, nach *gh* in Fig. 163 geführt. Nach dem früher Gesagten bedürfen diese Zeichnungen nur mehr wenig Erläuterung. Der Auslaufraum hat eine Erweiterung gegen aussen, so dass seine parallel zur

Ventilatorachse gemessene Breite auf dem grössten Theil des Umfanges 1·2 m beträgt, während die äussere Breite des Ventilators nur gleich 0·8 m ist.

Der Schlot zeigt eine starke Erweiterung, da dessen oberer Querschnitt mehr als das Vierfache des unteren beträgt. Es vergrössern sich beide Querschnittsdimensionen, indem auch die Stärke der Seitenwände, soweit dieselben den Innenraum des Schlotes begrenzen, gegen oben abnimmt.

Das Rohr, welches das niedergeschlagene Wasser ableitet, ist zu einem Kanal geführt, durch welchen dasselbe continuirlich abfliesst. Die äussere Mündung dieses Rohres ist daher offen, und die innere, um das Ansaugen von Luft zu verhüten, mit einem hydrostatischen Verschluss *v* (Fig. 162) versehen, welcher in Fig. 162a skizzirt ist. Das Abflussrohr *r* mündet in einen oben geschlossenen Topf *a*, welcher in einem zweiten oben offenen Topf *b* befestigt ist, der sich mit dem Condensationswasser füllt; dieses steigt im Inneren von *a* auf, bis es die Mündung von *r* erreicht, und kann dann continuirlich abfliessen. Die Höhe des äusseren Wasserspiegels über der Mündung des Rohres *r* entspricht der vorhandenen Depression, und es muss daher der verticale Abstand *x* der oberen Ränder von *r* und *b* grösser sein als die Depressionshöhe im Auslaufraum des Ventilators, da sonst der Wasserspiegel über *b* steigt.

Leistungen des Pelzer-Ventilators. Der Vortheil der beschriebenen Construction besteht namentlich darin, dass die Luft schon durch die Schöpfschaufeln die Drehbewegung erhält und zwischen den Flügeln nur mehr einen kleinen radialen Weg zurücklegen muss, um auf die erforderliche Spannung gebracht zu werden. Der Unterschied zwischen äusserem und innerem Durchmesser kann daher gering, die Weite der Saugöffnung, welche Dimension mit dem äusseren Durchmesser der Schöpfschaufeln übereinstimmt, verhältnissmässig gross gemacht werden, daher der Apparat bedeutende Luftmengen fortschaffen kann, ohne dass wegen der weiten dazu nothwendigen Saugöffnung auch der äussere Durchmesser stark vergrössert werden müsste. Der Eintritt der Luft zwischen die Schöpfschaufeln erfolgt bei der denselben gegebenen Krümmung ohne Stoss.

Die Ventilatoren werden in kleinen wie in grossen Dimensionen, für Lieferungen bis 4000 m³ in der Minute und mehr hergestellt, in der Regel mit Umsetzung, da bei deren geringem Durchmesser eine grössere Tourenzahl (etwa bis 350) zur Erzielung der für höhere Depressionen (bis 10 cm Wassersäule) erforderlichen Umfangsgeschwindigkeit nothwendig wird.

Mit einem Ventilator von 2·5 m Durchmesser und der auf S. 104 beschriebenen Construction wurden auf der Zeche Königsgrube bei Wanne im December 1887 Versuche abgeführt, welche die in folgender Tabelle angegebenen Resultate lieferten.

Tourenzahl	Depression	Theoret. Depress.	Manometrischer Wirkungsgrad	Coëfficient	Luftmenge in 1 Sec.	Indicirte Leistung d. Masch.	Leistung des Ventilators	Mechanischer Wirkungsgrad
	mm	mm		*m*	m^3	Pferdekr.	Pferdekr.	
200	40	84	0·48	1·48	18·2	17·9	9·7	0·54
244	58	125	0·46	1·50	23·4	31·1	18·1	0·58
284	80	169	0·47	1·49	28·2	49·3	30·1	0·61
320	104	215	0·48	1·47	32·9	74·0	45·6	0·62

Unter dem mechanischen Wirkungsgrad ist dabei wieder das Verhältniss der reinen Arbeit des Ventilators zur indicirten Arbeit der Dampfmaschine verstanden. Der Coëfficient m wurde aus den angegebenen Werthen der Tourenzahl n und Depression h nach Formel (31) berechnet.

Die gleichwerthige Oeffnung der Grube ergab sich dabei gleich 1·09 bis 1·22 m^2, mit der Tourenzahl etwas wachsend. Die Luftmenge wurde durch Anemometermessungen im Saugkanal, der vom Wetterschacht zum Ventilator führt, bestimmt. Das Instrument war im Mittelpunkt des Kanalquerschnittes aufgehängt; mit Rücksicht darauf, dass die Luftgeschwindigkeit dort am grössten ist, wurden die erhaltenen Luftmengen um 20 % vermindert, welche reducirten Werthe in der obigen Tabelle eingesetzt sind. Bei der Tourenzahl 320 sind Luftmenge, Leistung und mechanischer Wirkungsgrad nicht gemessen, sondern schätzungsweise nach den sonstigen Versuchen eingesetzt.

Der Wirkungsgrad von ca. 60 Proc. der indicirten Leistung, welcher durch die Nebenhindernisse der Maschine vermindert erscheint, ist ein ganz befriedigender und zu den besten sonst erreichten zu zählen.

Ein auf der Grube König bei Neukirchen befindlicher Pelzer-Ventilator von 4 m Durchmesser gab, mit einem Guibal'schen von 9·5 m Durchmesser verglichen, in zwei Fällen bei nahe gleicher Umfangsgeschwindigkeit folgende Resultate[1]):

	Versuch 1.		Versuch 2.	
	Guibal	Pelzer	Guibal	Pelzer
Umfangsgeschwindigkeit . . . . . m	19·87	18·84	29·84	29·3
Tourenzahl	40	90	60	140
Luftmenge in 1 Sec. . . . . . . m^3	35·7	36·5	51·2	56·8
Depression . . . . m	0·0235	0·0235	0·052	0·061
Coëfficient m	—	1·39	—	1·34

1) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 732.

Der Werth m stellt sich hier merklich kleiner als nach der vorigen Angabe heraus.

Wegen ihrer günstigen Resultate erfreuen sich die Pelzer'schen Ventilatoren einer bedeutenden Verbreitung.

Ventilatoren von Moritz und Chagot.

Den Ventilator von Moritz zeigt die Skizze Fig. 200.[1]) Im Inneren des Rades befindet sich der von entsprechend gekrümmten Flächen begrenzte Kern g. Die Luft gelangt durch die beiderseitigen ringförmigen Saugöffnungen zu den nach Schraubenflächen wie bei Jonvalturbinen gekrümmten Flügeln s, welche derselben eine drehende Bewegung ertheilen, wird dann durch die Aussenflächen des Kernes g in radialer Richtung abgelenkt und endlich durch die Flügel f in den Umfang des Gehäuses getrieben. Die einzelnen Lufttheile beschreiben daher ähnlich wie bei Pelzer's Ventilator conische Spirallinien, die Flügel s vertreten die Stelle der Schöpfschaufeln.

Vier solche Ventilatoren sind[2]) auf drei Gruben des Ruhrbeckens in Verwendung, davon zwei auf der Grube Erin bei Castrop. Der manometrische Wirkungsgrad derselben wurde gleich 0·55 bis 0·65, das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Dampfmaschinen-Arbeit gleich 0·28 und 0·36 gefunden.

Den Ventilator von Chagot[3]) zeigen Fig. 187 im Verticalschnitte und 188 im Grundrisse. An der Welle o, welche oben und unten in Lagern läuft, ist oben der Blechkegel b, unten der Cylinder c und an diesem ein zweiter, abgestumpfter Kegel a aus Blech befestigt. Der Cylinder c bewegt sich nahe anschliessend in dem auf die Mündung des Saugkanales gestellten Cylinder n. Zwischen den Kegeln a und b sind drei Flügel d befestigt, und zwar in der aus dem Grundrisse ersichtlichen schrägen Stellung; r ist die zum Betriebe dienende Riemenrolle. Auch hier beschreiben die Lufttheile conische Spirallinien, welche sich jedoch bis über die Austrittsstelle vom Rade hinaus fortsetzen; der austretende Luftstrahl hat die Form eines Hohlkegels.

Dem Chagot'schen ähnlich ist der Ventilator von Duvergier construirt.[4])

---

1) Wochenschrift deutscher Ing. 1882, S. 239.

2) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 5. Bd., S. 6, 15 und 97.

3) Rittinger, Mittheilungen über die Pariser Industrie-Ausstellung 1855, S. 79.

4) Burat, das Material des Steinkohlenbergbaues, deutsch v. Hartmann, Taf. 53.

Kraft's Turbinenventilator.

Bei diesem auf dem Schacht Marie zu Seraing aufgestellten, vom Director Kraft der Gesellschaft Cockerill construirten Ventilator, welcher durch Fig. 130 bis 140 dargestellt ist, wird der Luft vor deren Eintritt in das Flügelrad, welches man hier Laufrad nennen kann, durch ein festes Leitrad eine tangentiale Richtung ertheilt, wie dem Wasser bei einer Fourneyron-Turbine; das Leitrad ist durch conoidische Wände begrenzt, daher eine allmälige Richtungsänderung der Luft erzielt. Die Flügel sind aus je zwei an den Enden zusammenstossenden, gegen die Mitte divergirenden Wänden hergestellt, wodurch eine continuirliche Abnahme der Kanalweite gegen aussen erzielt wird; sie sind ferner am äusseren Ende zurückgekrümmt, daher die Austrittsgeschwindigkeit geringer wird. Diese ist überdies noch durch einen das Rad concentrisch umgebenden Diffuser herabgesetzt. Charakteristisch ist auch die verticale Stellung der Welle.

Die Construction dieses Ventilators zeigt so viel Interessantes, dass eine detaillirte Beschreibung desselben wohl am Platze ist, wenn er auch nur in einem Exemplar zur Ausführung kam. Fig. 130 ist der Verticalschnitt, zum Theil die Ansicht; 139 der Grundriss des Rades; Fig. 131 bis 135 zeigen Details, 136 bis 138 den Einbau. Den Träger des Ganzen bildet ein verticaler gusseiserner Cylinder *C* (Fig. 130 und 136), in welchen von der Seite her das Saugrohr mündet; *L* ist das Leitrad, *R* das Ventilatorrad und *A* der feste Auslaufraum. An *C* sind beiderseits Dampfcylinder befestigt, und zwar durch Schrauben und einen in der Mitte der Cylinderlänge durchgesteckten Keil, welcher die freie Ausdehnung der Cylinderhälften durch die Wärme zulässt, wie dies bei neueren derartigen Anordnungen öfters vorkommt. Die Schlitten für die Gleitstücke sind blos am oberen Ende mit dem Cylinder verbunden; es dürfte zweckmässiger sein, denselben auch unten eine Sicherung gegen den Horizontaldruck zu geben.

Die Dampfcylinder bewegen durch Kurbeln, welche unter 90° verstellt sind, die horizontale Welle *w* und diese mittels Kegelräder die verticale Ventilatorachse *S*.

Wegen der Zahnrad-Umsetzung ist die Anwendung von zwei Dampfcylindern mit unter 90° verstellten Kurbeln zweckmässig; der Ventilator wirkt nämlich als Schwungrad und würde bei nur einem Cylinder abwechselnd von der Maschine getrieben und auf diese treibend wirken (letzteres in den todten Punkten), was ein Schlagen der Zähne der conischen Räder zur Folge hätte. Bei zwei Cylindern wird dieser Umstand vermieden, nur ergibt sich noch ein Zahndruck von variabler Stärke,

besonders bei kleiner Füllung der Maschine; um denselben gleichförmiger zu machen, sind zwei kleine Schwungräder angebracht und in diese die Kurbeln eingegossen.

Die Schieber der Meyer'schen Expansionssteuerung werden durch Gegenkurbeln bewegt. Die Dampfeinströmungsrohre *e* (Fig. 136 und 137) vereinigen sich unter dem Admissionsventil *v*, welches nach Fig. 130 mittels Handrad *h*, Stange und Hebel bewegt wird; *a* sind die Ausströmungsrohre.

Das Laufrad (Fig. 130 und 139) hat 3 m inneren, 7·5 m äusseren Durchmesser und 0·55 m Höhe; das Leitrad 0·5 m und der Diffuser 1 m radiale Weite. Das Leitrad hat 32, das Laufrad 16 Flügel.

Das Laufrad, von welchem ein Theil durch den Horizontalschnitt (Fig. 135) und den zugehörigen Verticalschnitt nach *AB* (Fig. 134) in grösserem Massstabe dargestellt ist, besteht aus zwei ringförmigen Blechscheiben, deren Theile durch radiale Laschen und Nieten verbunden sind. Die Flügel sind durch Winkeleisen befestigt, welche an der unteren Seite in der Höhlung der Flügel liegen, daher an der oberen Seite ausserhalb der Flügelwände angeordnet sein müssen, um die Vernietung ausführen zu können.

Durch die gekrümmten, langen Flügel ist das Rad hinlänglich abgesteift. Die Verbindung desselben mit der Welle ist eine höchst einfache. Am inneren Rande der oberen Scheibe läuft nach Fig. 130 ein stärkerer Blechring herum; dieser ist an einen gusseisernen verrippten Teller angenietet und letzterer mit langer Nabe auf der Welle festgekeilt.

Die untere Scheibe des Laufrades trägt am inneren Rande mittels Winkeleisen einen kurzen Blechcylinder, der in eine an das Leitrad angegossene, mit Wasser gefüllte Rinne taucht; dadurch ist die Spalte zwischen Leit- und Ventilatorrad gedichtet. Die Rinne muss so tief sein, dass der Höhenunterschied der Wasserspiegel der Depression an der Innenseite des Ventilatorrades gleich werden kann; im vorliegenden Falle sind 8 cm für diesen Höhenunterschied angenommen.

Die Welle besteht aus Stahl und ist oben mit einem eingeschraubten Ringe zum Ausheben, dann mit einer Schale versehen, in welche das Schmieröl gegossen wird; dieses gelangt durch eine Bohrung zum oberen Halslager. Letzteres hat ein Metallfutter und wird durch vier angegossene Streben, welche auf Absätzen an der Innenwand des Cylinders *C* ruhen und durch Schrauben befestigt sind, gegen seitliche Verschiebung gesichert. Auf das Halslager ist auch das Leitrad von oben aufgesteckt.

Unter dem Lager ist wieder eine Schale zur Aufnahme des abfliessenden Oeles angebracht.

Die Welle ist durch eine Oeffnung mit ringförmiger, stellbarer Deckplatte in der unteren Wand des Saugkanales geführt und dreht sich in einem Fusslager von gewöhnlicher Construction. Das in die Welle eingesetzte Zapfenstück und dessen metallene Unterlagsplatte können nach Hebung der Welle ausgewechselt werden; der Zapfen befindet sich in einer Büchse, welche mit kugelförmiger Fläche auf einem durch Gegenkeile der Höhe nach stellbaren cylindrischen Untersatze ruht und mittels horizontaler Schrauben auch seitlich verschiebbar ist. Die Büchse trägt einen mit Metallfutter für den Wellenzapfen und mit einer Oelschale versehenen Aufsatz. Die Welle kann durch die Keile in die richtige Höhe und durch die Schrauben in die Verlängerung der Bohrung des oberen Halslagers, welche genau vertical sein muss, gestellt werden. Der Lagerständer ist auf einem innerhalb des Cylinders *C* befindlichen Untersatze befestigt.

Das Leitrad *L* enthält die 4 mm starken Leitflügel aus Blech eingegossen und ruht aussen auf dem Cylinder *C*, innen auf dem Halslager der Ventilatorwelle.

Fig. 140 zeigt die Construction der Leit- und der Radflügel; erstere sind aus zwei Kreisbögen zusammengesetzt, bei letzteren ist die convexe Seite durch einen, die concave durch drei Kreisbögen gebildet, deren Halbmesser die Figur angibt.

Der Cylinder *C* hat unten eine grosse Oeffnung, durch welche das Fusslager zugänglich ist, und zwei kleinere Seitenöffnungen für die Kurbelwelle *w*. Derselbe ist durch Schrauben auf einem ringförmigen verankerten Untersatze befestigt, an welchem die Lager der Kurbelwelle angegossen sind. Nach dem linksseitigen Schnitt in Fig. 130 befinden sich an den Lagern wieder Behälter *dd* für die abfliessende Schmiere.

Zwischen Rad und Diffuser wurde ein Spielraum von 5 mm angenommen, der sich in der Ausführung etwas grösser ergab.

Die Construction des Diffusers *A* ist aus Fig. 130 und detaillirt aus dem Grundriss Fig. 133 und den Verticalschnitten Fig. 131 und 132 nach *MN* und *PQ* zu entnehmen. Derselbe wird durch zwei ringförmige, horizontale Blechwände von 3 mm Stärke gebildet, deren radiale Fugen durch aufgenietete Blechstreifen und zur Absteifung dienende Winkeleisen *c* (Fig. 132) überdeckt sind. Bei jeder vierten Fuge ist eine der beiden radialen Nietenreihen durch Schrauben ersetzt, so dass die einzelnen, in der Werkstätte aus je vier Blechen zusammengenieteten Theile an Ort und Stelle gebracht und dort durch die Schrauben verbunden werden konnten. Die Blechtafeln sind durch je zwei Winkeleisen *g* verstärkt. Die obere Wand des Auslaufraumes wird durch Flacheisen *q* von $^{50}/_{10}$ mm gestützt, deren je zwei unter jedem Winkeleisen *c*, an der

Kreuzung von *c* und *g* angeordnet und mit der breiten Fläche in die Richtung des vom Rade austretenden Luftstromes gestellt sind, um diesen möglichst wenig zu stören.

An den unteren radialen Winkeleisen *c* sind nach Fig. 131 und 132 je zwei rechtwinklig umgebogene Platten angenietet und durch Hakenschrauben *f* an I-förmigen Trägern *t* befestigt, welche, zu zwei concentrischen Achtecken zusammengestellt, die Unterlage des ganzen Diffusers bilden. Zwischen diesen Trägern und den Winkelplatten befinden sich Einlagen, durch welche die Höhenstellung des Diffusers längs dessen ganzem Umfange regulirt werden kann.

Wie die Zusammenstellung Fig. 136 bis 138 zeigt, ist der Ventilator in einem quadratischen Gebäude aufgestellt, von dessen Umfangmauern Pfeiler *pp* gegen das Innere vorragen, auf welchen die den Auslaufraum stützenden Träger *t* liegen. Auf letzteren ruhen nebstdem die Balken eines den Auslaufraum umgebenden Fussbodens, der den oberen Theil des Gebäudes, in welchen die Luft vom Ventilator ausgeblasen wird, von dem unteren abscheidet. Aus dem oberen Raume tritt die Luft durch eine Anzahl in der Umfangsmauer befindliche Oeffnungen und durch ein Dunstdach am Scheitel aus. Diese obere Etage ist durch eine Wendeltreppe zugänglich, welche in einem mit Thür versehenen Holzverschlage endigt.

Die untere Etage ist durch Doppelfenster erleuchtet und an gegenüberstehenden Seiten durch Thüren zugänglich. Der Saugkanal *K* ist in den horizontalen Theilen cylindrisch, im verticalen mit rechteckigem Querschnitt gemauert und durch das conische Blechrohr *r* mit der am Cylinder *C* befindlichen Oeffnung verbunden. Derselbe ist durch eine Schleuse *o* (Fig. 137) zugänglich, welche an beiden Enden mittels Gussplatten geschlossen ist, in denen sich Thüren zum Durchgange und runde Fenster befinden. Die vordere dieser Gussplatten ist in Fig. 138 dargestellt. In der Rückwand des Saugkanales befindet sich ein in Fig. 136 ersichtliches grösseres Fenster. Zu den acht Fundamentschrauben für den Untersatz des Cylinders *C* gelangt man durch vier gemauerte Einsteigöffnungen.

Nach Fig. 136 und 137 endlich ist in dem Dampfzuleitungsrohre *e* der Topf *q* eingeschaltet, der auf einem Standrohre ruht; durch einen am unteren Ende dieses Rohres angebrachten Hahn wird das Condensationswasser abgelassen. Unter dem Admissionsventil *v* gabelt sich das Einströmungsrohr *e* zu den beiden Dampfcylindern. Die Ausströmungsrohre *a* sind abgesondert zu verticalen Leitungen geführt, welche den verbrauchten Dampf ins Freie ausblasen und auf kleinen Mauervorsprüngen ruhen.

Nach ausgeführten Versuchen ergab der beschriebene Ventilator bei 90 Touren eine Depression von 62 mm und eine Luftmenge im Wetterkanal von 25·83 m³ in der Secunde. Hiernach ergibt sich die radiale Componente U_1 der Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in das Rad eintritt,

$$U_1 = \frac{M}{2\,R_1\,\pi\,b_1} = \frac{25{\cdot}83}{2\,.\,1{\cdot}5\,.\,\pi\,.\,0{\cdot}55} = 5{\cdot}00\ \mathrm{m};$$

nach (63) der Werth A, da $\alpha_2 = 60^0$ ist,

$$A = \frac{R_1}{R_2}\;\frac{U_1 \, tang\, \alpha_2}{2} = \frac{1{\cdot}5}{3{\cdot}75}\;\frac{5\,.\,1{\cdot}732}{2} = 1{\cdot}73$$

und nach (61) wegen $n = 90$ und $h = 0{\cdot}062$

$$m = \frac{n\,R_2}{9{\cdot}55\left(A + \sqrt{A^2 + 7850\,h}\right)} = 1{\cdot}48;$$

die Umdrehungszahl ist also das 1·48fache der theoretischen, welche grössere Ziffer daher rühren dürfte, dass der Auslaufraum eine geringe radiale Dimension besitzt und daher von der Luft noch mit zu grosser Geschwindigkeit verlassen wird.

Ventilator von Ser.

Es sollen nun einige Ventilatoren mit vorwärtsgekrümmten Flügeln besprochen werden. Die Eigenschaften dieser Flügelform wurden auf Seite 40 erläutert.

Die Detailconstruction eines Ser'schen Grubenventilators von 1·4 m Durchmesser ist aus Fig. 141 bis 146 zu ersehen. Fig. 141 und 142 sind Längen- und Querschnitt, 144 der Horizontalschnitt, 143 die Seitenansicht, zum Theil Schnitt nach AB der Fig. 141; endlich zeigen Fig. 145 und 146 in grösserem Maassstabe das Flügelrad.[1]) Letzteres besteht aus einer Nabe, welche durch zwei Stellschrauben gegen eine Verschiebung auf der Welle gesichert ist, einer durch Schrauben befestigten ringförmigen Blechscheibe s und den Flügeln, welche mit Einschnitten zum Aufstecken auf die Scheibe s versehen und durch gegabelte, am äusseren Ende flach ausgehämmerte Winkeleisen befestigt sind. Beiderseits von der Nabe sind Einlaufkegel k aus Messing auf die Welle gesteckt und längs ihren Grundlinien mittels Schrauben an der Scheibe s befestigt.

Das Gehäuse des Ventilators ist durch eine verrippte Gussplatte gestützt, welche aus zwei in der Mittellinie der Fig. 141 und 144 zusammenstossenden Theilen besteht, den Anfang des Blasekanales C bildet und

1) Nach Zeichnungen, welche dem Verfasser durch Herrn D. Murgue in Bessèges freundlichst mitgetheilt wurden.

beiderseits weit ausgreifende und breite Ansätze hat, die den Ständern der Welle zur Unterlage dienen und durch je 4 Schrauben (Fig. 144) mit dem Fundamente verankert sind. Die beiden Theile der Grundplatte sind ausser durch die an der Unterseite von *C* in Fig. 142 und 143 ersichtliche auch noch durch die kurze Flantsche *f* und Schrauben verbunden.

Zu beiden Seiten des Flügelraumes befinden sich nach Fig. 141 und 144 Gusseisenstücke in Form gebogener Rinnen mit horizontalen Flantschen zur Befestigung an der Grundplatte. An die erweiterten, verticalen Aussenwände dieser Rinnen schliessen sich spiralförmig herumlaufende cylindrische Wände, deren Zwischenraum von einer gekrümmten Blechplatte *p* umgeben ist; auch sind diese Wände durch aussen angebrachte Stehbolzen *s* (Fig. 142 und 143) verbunden. Die Höhlung der Rinnen ist durch kreisförmig gebogene Blechstreifen geschlossen. Auf diese Art ist ein allmälig erweiterter Auslaufraum gebildet, der in den Kanal *C* übergeht und dessen Begrenzung noch durch den Holzblock *h* (Fig. 142) ergänzt wird, welcher an der durch ein stärkeres Winkeleisen gestützten Wand *p* befestigt ist.

Die Breite des Auslaufraumes ist, wie man sieht, bedeutend grösser als die des Rades, wodurch eine Ausbreitung der vom Rade austretenden Luftmassen und eine Ermässigung der Geschwindigkeit derselben erreicht wird. Dieser Zweck wäre jedoch besser durch einen allmäligen Uebergang von der geringeren Breite des Rades zur grösseren des Auslaufraumes zu erreichen.

An die Ringstücke, welche die Saugöffnungen des Ventilators umgeben, schliessen sich Saugkanäle *S* für die zuströmende Luft. Damit letztere an der Stelle *m* (Fig. 144) nicht gegen das Ringstück, sondern direct in das Rad trete, ist dort die Wand des Saugkanals etwas einwärts gerückt und an einem besonders zu diesem Zwecke eingesetzten, nach Fig. 143 mondförmig geschnittenen Blechstücke *x* befestigt. Die Wände der Saugkanäle bestehen aus Blechen, die durch Winkeleisen verbunden sind; die Endtheile *n n* (Fig. 141 und 144) aus je drei cylindrisch gekrümmten Stücken, welche in den aus Fig. 141 ersichtlichen Diagonallinien zusammentreffen und längs dieser ebenfalls durch Winkeleisen verbunden sind.

Wie die Betrachtung der Fig. 141 zeigt, wird durch die mittleren Einlaufkegel und durch die gerundete Aussenwand der Saugöffnungen der in das Rad tretende Luftstrom allmälig abgelenkt und ausgebreitet.

Fig. 147 und 148 zeigen die Zusammenstellung eines Ser'schen Grubenventilators[1]) von 2·2 m Durchmesser. Das Rad, sowie das Ge-

---

1) Génie civil 1887, 11. Bd., S. 373.

häuse sind ähnlich wie in Fig. 141 bis 146 construirt; der Antrieb erfolgt durch Hanfseiltransmission mittels der Seilscheibe *s*. Die beiden Saugkanäle vereinigen sich zu einem einzigen in den Wetterschacht geführten Schlauch *S*, an den Blasehals schliesst sich der allmälig erweiterte hohe Schlot *B*, welcher sowie der Saugkanal aus Blech und Winkeleisen hergestellt ist. In *S* sowie in *B* sind Mannlöcher *m* angebracht.

Ser hat im Jahre 1878 eine Theorie der Ventilatoren publicirt und seither mehrere solche Maschinen construirt. Nach seiner Angabe liefern dieselben bei einer Depression von 80 mm Wasser und bei den unten angesetzten gleichwerthigen Oeffnungen, Durchmessern und Tourenzahlen die beigesetzten Luftmengen:

Gleichwerthige Oeffnung m²	Durchmesser m	Tourenzahl in 1 Min.	Depression m	Luftmenge in 1 Sec. m³
0·30	1	560	0·08	8
0·56	1·4	400	„	15
1·20	2	260	„	32
1·85	2·5	210	„	50
2·66	3	160	„	72
4·60	4	120	„	125

Bei Versuchen mit einem Ventilator von 1·4 und einem solchen von 2 m Durchmesser ergaben sich folgende Resultate [1]):

Durchmesser m	Gleichwerthige Oeffnung m²	Tourenzahl	Luftmenge in 1 Sec. m³	Depression m
1·4	0·5	400	12	—
„	1	„	20	—
2	1	280	25	0·095
„	1·5	„	32	0·068
„	2	„	40	0·057

Der manometrische Wirkungsgrad ist auf Seite 41 besprochen. Das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit der Dampfmaschine war im günstigsten Falle gleich 0·6; der Wirkungsgrad des Ventilators allein soll 0·6 bis 0·828 betragen haben [2]), welcher letztere Werth ungewöhnlich gross ist.

1) François, Bull. soc. ind. min. 1886, 15. Bd., S. 89.
2) Revue universelle 1884, 15. Bd., S. 724.

Aus Mathet's Beobachtungen[1]) an einem Flügelrade von 0·5 m Durchmesser folgt das Verhältniss der wirklichen zu der für radial auslaufende Flügel theoretisch nothwendigen Tourenzahl

bei 964 Umgängen gleich 1·19,
„ 446 „ „ 1·38.

Bei späteren Versuchen[2]) war dieses Verhältniss gleich 1·1, indem ein Ventilator von 0·5 m Durchmesser bei 1000 Touren eine Depression gleich 0·060 bis 0·075 m Wasser ergab.

Ventilatoren von Winter, Farcot, Gonther.

Der Ventilator von Winter zeigt im Bau des Flügelrades sowohl als des Gehäuses Aehnlichkeit mit dem von Ser und von Wagner. Fig. 223 bis 226 zeigen einen solchen von der Baroper Maschinenfabrik ausgeführten, zu Dorstfeld aufgestellten Ventilator. An einer zwischen zwei Muffen befestigten Blechscheibe sind zwei Einlaufkegel *k* und beiderseits die aus Eisenblech gepressten Flügel *f* mit umgebogenen Rändern angenietet, wie auch die Vorder- und Seitenansicht des Rades Fig. 225 und 226 angeben; *b* ist der umgebogene, vernietete Rand der Flügel, *a* die seitliche, nach Fig. 223 gegen die Achse des Rades zu abgeschrägte Kante. Die beiden Bleche jedes Flügels stehen nicht senkrecht, sondern etwas geneigt gegen die Radebene, wie die Seitenansicht Fig. 226 zeigt, in welcher die am Radumfange befindlichen Kanten *nn* der Flügel erscheinen. In Folge dieser Einrichtung soll die Luft mehr von der Mittelscheibe weggedrängt und dem Zurückströmen derselben seitwärts vom Rade vorgebeugt werden.

Die Zuströmung der Luft erfolgt von beiden Seiten her durch Kanäle *cc* (Fig. 223) von 2 m Länge und 0·4 m Breite des Querschnittes. Unter dem Ventilator befindet sich ein Fussstück, welches aus einem an beiden Enden schräg ansteigenden Boden *p* und 4 Längswänden *o* besteht. In den äusseren von den drei dadurch geschiedenen Räumen befinden sich einige Querrippen *q* (Fig. 224), in den mittleren strömt die Luft von der Unterseite des Rades und wird durch die ansteigenden Theile des Bodens nach aussen geleitet, während die vom sonstigen Radumfange austretende Luft unmittelbar ins Freie gelangt.

Auf den Kanälen *cc* sind die zwei Saugkästen *gg* aufgesetzt, aus welchen die Luft durch cylindrische Oeffnungen in das Rad strömt; dieselbe wird durch die Krümmung der Wände der Saugkästen und der Einlaufkegel allmälig von der achsialen in die radiale Richtung abgelenkt.

---

1) Comptes rendus soc. ind. min. Juni 1887, S. 88.
2) Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 136.

Die Ventilatorwelle, welche sowie die doppelte Nabe aus Stahl besteht, läuft in drei mit beweglichen Schalen versehenen Lagern; diese stehen auf Rahmen *r*, welche mit dem Fundament verankert und mit den Saugkästen *g g* verschraubt sind.

Bei grösserem Durchmesser, z. B. 3 m, wird die ebene Mittelplatte des Flügelrades durch zwei flach conische, mit der Basis zusammenstossende Kegel aus Blech ersetzt und dadurch grössere Steifigkeit erzielt.

Die Winter'schen Ventilatoren werden meist durch eincylindrige, liegende Dampfmaschinen mit Riemenscheiben-Schwungrädern betrieben. Das Umsetzungsverhältniss von der Maschine zum Ventilator variirt von 1 : 5 bis 1 : 8.

Bei Versuchen[1]), welche auf den Gruben Dorstfeld, Centrum und Victor mit Winter'schen Ventilatoren ausgeführt wurden, zeigte sich das Gesetz der Proportionalität zwischen Tourenzahl und Quadratwurzel aus Depression bei jedem einzelnen Ventilator nahe genau erfüllt; eine vollkommene Uebereinstimmung entspricht übrigens der Theorie nicht, da für die Beziehung beider Grössen der Ausdruck (61) gilt. Das Verhältniss zwischen der reinen Leistung und der indicirten Dampfmaschinen-Arbeit beträgt 35 bis über 40 Proc., und wenn man den Wirkungsgrad der Dampfmaschine zu 0·75 annimmt, ergibt sich der Wirkungsgrad des Ventilators allein gleich 0·46 bis 0·55. Diese Resultate würden sich bedeutend günstiger stellen, wenn der Ventilator mit einem Auslaufraume versehen wäre.

Auch bei dem schon beschriebenen Kley'schen Ventilator zu Osterfeld sind schwach vorwärts gekrümmte Flügel in Verwendung, ferner bei dem von Farcot, wo die Neigung 45^0 beträgt und die Luft in ein spiralförmiges Gehäuse geblasen wird, in welches der Ventilator-Umfang eingetaucht ist. Derselbe scheint bisher zur Gruben-Ventilation nicht verwendet zu sein.

Gonther's Ventilator, in England ausgeführt, hat ein ähnliches Gehäuse wie der von Ser.

Ventilatoren von Combes, Gallez, Tournaire, Letoret, Leverkus.

Bei den nun zu besprechenden Ventilatoren sind die äusseren Flügelenden zurückgekrümmt (s. S. 40), welche Construction auch bei dem Ventilator von Kraft (S. 111) und dem mit gekrümmtem Schlot versehenen (S. 92) erscheint.

Der älteste unter diesen Ventilatoren ist der von Combes, welchen

1) Mitgetheilt von der Baroper Maschinenfabrik.

die Skizze Fig. 110 und 111 zeigt. Er besteht aus einer verticalen Welle o, welche unten in einer quer durch die Schachtöffnung gelegten Traverse, oben in einem Gestell gelagert ist und mittels Riementransmission ihre Drehung erhält; aus der Scheibe c, dem Ringe d und den zwischen beiden eingeschlossenen Flügeln f. Der luftdichte Anschluss des Rades an die Saugöffnung wird durch eine Wasserliederung wie bei Kraft's Ventilator erzielt. Diese bewährte sich jedoch hier nicht, da bei der schnellen Rotation das Wasser stets nach aussen getrieben wurde. Daher fand man es für zweckmässiger, die verticale Stellung der Achse, welche durch die obige Liederungsart bedingt ist, aufzugeben und die Achse wie bei den anderen Arten von Centrifugalventilatoren horizontal zu legen. Ein solcher Apparat wurde von Glépin zu Sauwartan aufgestellt; bei demselben strömt die Luft von beiden Seiten her in das Ventilatorrad, welches durch eine zur Achse senkrechte Wand in zwei Abtheilungen getrennt ist.

Bei der starken Rückneigung der Flügel ist eine grosse Umfangsgeschwindigkeit nothwendig. Nach den von Glépin mit einem Combes'schen Ventilator von 0·85 m äusserem Halbmesser ausgeführten Versuchen[1]) ergibt sich bei Depressionen von 0·016 bis 0·023 m Wasser im Mittel $n R_2$ gleich 2900 $\sqrt{h}$, beim Ventilator zu Sauwartan für 0·046 m Depression gleich 2400 $\sqrt{h}$, mithin bedeutend grösser als für radial auslaufende Flügel, bei welchen der Coëfficient m in (31) sich zwischen 1 und 2 bewegt. Den Wirkungsgrad erhielt man bei obigen Versuchen gleich 0·27 bis 0·29.

Dem Combes'schen ist der Gallez'sche Ventilator[2]) (Fig. 109) in Bezug auf die Form der Flügel ähnlich; derselbe wird von einer stehenden Dampfmaschine ohne Transmission betrieben und ist von einem spiralförmigen, gemauerten Mantel mit Blasehals umgeben. Er hat 9 m Durchmesser, 1·68 m Breite, 12 bis 16 Flügel, zeigt weniger solide Construction und geringere Leistungen als der Guibal'sche. Seine Verwendung erstreckte sich auf einige belgische Gruben.

Desgleichen ist bei dem Ventilator von Tournaire[3]) (Fig. 108) eine der Combes'schen analoge Form der Flügel angewendet; diese sind nach einer logarithmischen Spirale gekrümmt, deren Tangente den constanten Winkel von 70° mit dem Radius einschliesst. Innerhalb des Rades ist ein feststehender Leitapparat mit radialen Flügeln aufgestellt, um den Eintritt der Luft in das Rad zu reguliren. Die nähere

1) Combes, Bergbaukunst, deutsch von Hartmann, 2. Bd., S. 140.

2) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Preuss. Staate 1865, 13. Bd., S. 187.

3) Annales des mines, 5. Reihe, 17. Bd., S. 233.

Construction des Ventilators ist aus dem Längenschnitt Fig. 107 ersichtlich. Das Rad besteht aus der auf der Achse *o* festen Scheibe *a*, an deren beiden Seiten die Flügel befestigt sind. Der Flügelraum ist durch zwei etwas conische Blechscheiben *b* eingefasst, daher gegen aussen verjüngt. Die Luft wird durch zwei Rohre *s* angesaugt, welche auf den mit der Grundplatte *q* aus einem Stück gegossenen Ständern *p* festgeschraubt sind. Innerhalb der Rohre *s* und durch je drei radiale Rippen *r* (auch in Fig. 108 ersichtlich) damit verbunden, befinden sich zwei massive Kerne *k*, welche die Lager der Ventilatorwelle enthalten und aussen derart geformt sind, dass die Richtung der dem Rade zuströmenden Luft allmälig geändert wird. Zwischen den Rippen *r* befinden sich die radialen blechernen Leitflügel, 30 an der Zahl, deren äussere Ränder in die Wand der Saugröhren *s* eingegossen sind. Jeder Kern *k* enthält zwei stählerne Lagerschalen für die Achse und ist mit einer Schmiervorrichtung versehen; *t* ist die Antriebscheibe. Setzt man die beiden Rohre *s* mit der Grubenstrecke in Verbindung, so wirkt der Ventilator saugend; es kann auch eine der beiden Abtheilungen desselben weggelassen und nur das zur andern gehörige Rohr *s* mit dem Saugraume verbunden werden. Versuche mit diesem Ventilator haben nur mittelmässige Resultate ergeben.[1])

Der Ventilator von Letoret[2]) (Fig. 201) enthält 4 oder 6 ebene zurückgeneigte Flügel *f*, welche um Gelenke drehbar sind und sich an den Bögen *g* feststellen lassen, so dass durch Probiren die zweckmässigste Neigung derselben bestimmt werden kann. Das Ansaugen erfolgt durch zwei beiderseits vom Rade angebrachte Oeffnungen. Später wurden die Flügel nicht mehr drehbar gemacht. Der Apparat kam in der Umgebung von Mons mehrfach zur Verwendung und hatte meist 2·5 bis 3 m Durchmesser; bei 200 bis 250 Umgängen gab er 50 mm Depression und einen Wirkungsgrad von 0·23 bis 0·26. Der genäherte manometrische Wirkungsgrad berechnet sich aus Versuchsresultaten mit 0·28 bis 0·47, in zwei extremen Fällen gleich 0·12 und 0·16.

Beim Ventilator von Leverkus[3]) wird die Rückwärtskrümmung der Flügel als eine Neuerung bezeichnet, während dieselbe doch schon vor langen Jahren und bei mehreren Arten von Ventilatoren in Verwendung gekommen war.

---

1) Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 865.

2) Burat's Material des Steinkohlenbergbaues, deutsch von Hartmann, S. 277.

3) Dingler's polyt. Journ. 1885, 256. Bd., S. 145.

Ventilatoren von Audemar und Schwarzkopff.

Der Ventilator von Audemar (Fig. 221 und 222) unterscheidet sich von allen anderen durch die Form des von der Luft zuückgelegten Weges. Die Bewegung derselben wird innerhalb des Ventilators vollständig umgekehrt, indem sie parallel zur Achse in das Rad einströmt und dieses in entgegengesetzter Richtung wieder verlässt. Es scheint indessen diese Einrichtung nur mit Rücksicht auf abwechselnd saugende und blasende Wirkung gewählt zu sein, weil dabei die Anordnung der Luftkanäle eine einfache wird.

Das Rad hat eine verticale, hohle Achse, welche oben eine Rosette trägt, in deren Nabe die Kurbelwelle der Dampfmaschine verkeilt ist. Von der Rosette und dem unteren Ende der Welle laufen Winkeleisen aus, welche zur Befestigung der aus Brettern bestehenden Flügel dienen und durch andere schräge Winkeleisen *e* abgesteift sind. Desgleichen sind an der Nabe beiderseits von jedem oberen Winkeleisen Spannstangen *s* angebracht, welche zu den beiden benachbarten unteren Winkeleisen laufen.

An den unteren Winkeleisen ist eine ringförmige Blechscheibe und an dieser ein Cylinder befestigt, der in eine Wasserrinne taucht; der Rand der letzteren ist einwärts gebogen, um das Hinauswerfen des Wassers besser zu verhüten. Ferner schliesst sich an die Nabe und die oberen Winkeleisen eine Blechscheibe, welche den Flügelraum überdeckt und am Rande so gebogen ist, dass der Ventilator die Luft nach unten ausbläst, und zwar durch die rundherum laufende Oeffnung zwischen der oberen und unteren Blechscheibe.

Der Ventilator befindet sich in einer cylindrischen, ausgemauerten und durch Traversen mit zwischenliegenden Ziegelgewölben überdeckten Grube. Die Dampfmaschine ruht auf einem von drei Trägern gebildeten Rahmen.

Durch eine ebenfalls von den gewöhnlichen abweichende Einrichtung ist der Ventilator auf blasende oder saugende Wirkung zu adaptiren.[1]) In der Ventilatorgrube befinden sich drei Oeffnungen, deren mittlere mit der Saugöffnung des Ventilators correspondirt, während die beiden äusseren *v* und *w* in dessen Blaseraum münden. Unter den drei Oeffnungen liegen Kanäle mit beweglichen Verschlüssen *abcd*; der Kanal *A* führt ins Freie, *S* zum Wetterschacht. Sind *a* und *c* geschlossen, *b* und

1) Dieser Umstand ist in der Quelle, aus welcher der Ventilator entlehnt ist, dem Cours d'exploitation des mines v. Burat, S. 227, nicht erwähnt, er ergibt sich jedoch unzweifelhaft aus der Zeichnung, nach einer kleinen Ergänzung derselben.

d geöffnet, so saugt der Ventilator durch *A* frische Luft und bläst sie durch *w* und *S* in die Grube. Sind dagegen *a* und *c* offen, so saugt der Ventilator aus *S* durch *c* die Grubenluft und bläst sie durch *v* und *A* ins Freie.

Das Rad ist zwar sehr solid construirt, hat aber das beträchtliche Gewicht von 12 000 kg, welches durch den stehenden Zapfen getragen werden muss. Es ist viel schwerfälliger als bei den Ventilatoren von Kraft und Harzé, welche sich durch Leichtigkeit der Construction auszeichnen. Zu bemängeln ist auch, dass bei der Ausführung des Rades sowohl als besonders bei der Anordnung der Kanäle zu wenig Rücksicht auf allmälige Richtungs- und Querschnittsänderung genommen ist.

Der Ventilator ergab, auf blasende Wirkung eingerichtet, folgende Resultate:

Tourenzahl pro Minute	40	55	60
Luftmenge pro Secunde	11	15	19 m³
Pressung	10	20	24 mm.

Bei 70 Touren erhielt man 34 mm Pressung.

Schwarzkopff's Ventilator, der als blasender Apparat für hüttenmännische Zwecke viel in Anwendung kam, zeigt ebenfalls eine von der sonstigen abweichende Leitung der Luft. Diese wird zuerst wie gewöhnlich von der achsialen in die radiale Richtung abgelenkt und zugleich in Umdrehung versetzt, nach dem Austritt vom Rade aber durch ein entsprechend geformtes Gehäuse wieder gegen die Achse zurück- und längs derselben weitergeführt. Die angesaugte Luft strömt also parallel zur Welle ein, die ausgeblasene ebenso in gleicher Richtung fort; die Achsen von Saugrohr, Rad und Blaserohr fallen in dieselbe Gerade. Für Grubenzwecke scheint dieser Ventilator wenig in Verwendung gekommen zu sein; in Preussen[1]) wurde er nur in Oberschlesien bei einer kleinen unterirdischen Anlage benutzt.

Ventilatoren von Capell und Dieu.

Diese beiden Constructionen, von welchen übrigens die von Dieu nur Project geblieben zu sein scheint, weichen von allen übrigen dadurch ab, dass die Flügel derselben keine gleichartig fortlaufende Krümmung besitzen.

Capell's Ventilator. Von R. W. Dinnendahl (Kunstwerkerhütte bei Steele in Rheinpreussen) werden Ventilatoren nach Capell's Patent ausgeführt. Die Form derselben ist aus der Einbau-Skizze Fig. 176 er-

---

1) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, Bd. V, S. 5.

sichtlich. Die Flügel *abcd* sind zurückgekrümmt und in der Mitte derselben cylindrische Wandstücke *bc* eingeschaltet, so dass die Luft die Verengung $b c_1$ durchströmen muss. Die Breite $b c_1$ wird je nach der zu erzielenden Depression angenommen. Nach Angabe des Erfinders verrichtet der innere Theil der Flügel die eigentliche Nutzarbeit, während der äussere die angesaugte Luft nach aussen befördert. Die Flügel sind derart gekrümmt, dass die Luft sich nahe radial bewegt; sie nimmt innerhalb der Oeffnung $b c_1$ eine grössere Geschwindigkeit an und trifft mit dieser gegen die äussere Flügelhälfte $c_1 d_1$, an welche lebendige Kraft abgegeben, also die zur Bewegung der Luft aufgewendete Arbeit theilweise wieder zurückgewonnen wird. Diese Betrachtung ist wohl nicht richtig; es ist vielmehr anzunehmen, dass in den einspringenden Winkeln *bcd* und $a_1 b_1 c_1$ keine relative Bewegung der Luft, nur etwa eine Wirbelbildung eintritt, daher die Strömung der Luft durch das Rad so stattfindet, als ob jede Zelle desselben zwei continuirliche Seitenwände *abd* und $a_1 c_1 d_1$ hätte. Zur Vermeidung der Wirbelbildung wäre es dann vortheilhafter, jeden Flügel mit zwei Curven *acd* und *abd* zu begrenzen, wie bei dem Ventilator von Kraft. Dagegen wirkt der äussere erweiterte Theil der Radzelle allerdings als Diffuser, in welchem die Geschwindigkeit der Luft sich zum Theil in Pressung umsetzt. Jedenfalls können nur weitere eingehende Versuche über den Vortheil dieser Constructionsart entscheiden.

Das Detail des Capell'schen Ventilators zeigen der Querschnitt Fig. 174 und die Ansicht Fig. 175. Das Rad ist durch eine Mittelscheibe *s* in gleiche Hälften getheilt, von welchen in Fig. 174 nur die eine erscheint. Die Scheibe *s* ist zwischen den zwei Theilen einer durch Schmiedeisenringe verstärkten Nabe eingeklemmt; beiderseits von dieser befinden sich zwei andere Naben, an welchen Arme *g* festgeschraubt sind, deren äussere Enden gegen die inneren um 90° verdreht, dann rechtwinklig umgebogen und mit zwei Blechcylindern *e* vernietet sind, welche durch Winkeleisen auch mit der Mittelscheibe *s* in Verbindung stehen und die äussere und innere Abtheilung des Rades scheiden.

In den Cylindern *e* befinden sich grosse rechteckige Oeffnungen; die zwischen diesen gelegenen Wandstücke bilden die in Fig. 176 mit *bc*, $b_1 c_1$ bezeichneten Flügeltheile. Nächst den Oeffnungen sind durch Winkeleisen die inneren Flügel *f* befestigt, welche frei in den die Achse umgebenden Raum hineinragen und längs der einen Seitenkante durch umgebogene und am Cylinder *e* festgenietete Winkeleisen verstärkt sind.

Die äusseren Flügel sind durch gebogene Platten, deren Querschnitt in Fig. 175 ersichtlich ist, am Cylinder *e*, dann durch Winkeleisen an

den Scheiben *s* und *r* befestigt, welche letztere wieder mittels kreisförmig gebogener Winkeleisen mit dem Cylinder *e* in Verbindung stehen. Die äusseren Ränder dieser Flügel sind sowie die Seitenscheiben *r* und die Mittelscheibe *s* durch Schienen *t* von halbrundem Querschnitt abgesteift.

Fig. 180 und 181 sind noch Schnitte, und zwar 180 nach *mn* und 181 nach *pq* der Fig. 174 und 175, beide in die Ebene aufgerollt.

Der Einbau des Ventilators erscheint in Fig. 176 bis 178 skizzirt. Das Rad ist bis zur Hälfte in ein gemauertes Gehäuse versenkt und dessen obere Hälfte mit einer Blechhülle gedeckt, an welche sich der Schlot anschliesst. Die Luft tritt aus dem gegabelten Saugkanal durch zwei Seitenöffnungen in das Rad. Die nächst dem Ventilator befindlichen Wellenlager ruhen auf gusseisernen Rahmen *n*, welche nach Fig. 179 aus je zwei zusammengeschraubten Theilen bestehen und mit dem umgebenden Mauerwerk durch 4 radiale Bolzen verankert sind. Die Bewegung erfolgt von einer Dampfmaschine aus mittels 2·2 facher Umsetzung durch 4 Hanfseile.

Ueber Versuche mit solchen Apparaten werden folgende Angaben gemacht, welche vom Director Ashton, Herrn Capell und einem Abgeordneten der Firma R. W. Dinnendahl bei einem geschlossenen Ventilator (mit Gehäuse und Auslaufraum) auf der Grube Waleswood Colliery bei Sheffield, dann von anderen Sachverständigen bei einem offenen Ventilator auf einer Grube bei Swansea Valley in England erhoben wurden.

	Geschlossener Ventilator	Offener Ventilator
Durchmesser des Ventilators . . . . m	3·05	3·05
Breite desselben . . . . „	2·44	1·3
Zahl der Eintrittsöffnungen	2	1
Tourenzahl des Ventilators	205	146
„ der Maschine	36	73
Depression . . . . mm	76	24
Luftvolum pro Sec. . . . . m³	51·3	16·4
Reine Leistung in Pferdestärken	51·9	5·2
Pferdestärken der Maschine	59·3	7·5
Wirkungsgrad in Procenten	87·5	68 0

Ventilator von Dieu. Vom Ingenieur Dieu in Charleroi wurde[1]) ein Ventilator von der aus Fig. 194 ersichtlichen Construction und für

1) Nach Vandenpeereboom, Note sur les ventilateurs etc., Louvain 1878, S. 74.

grosse Dimensionen (9 m Durchmesser, 1·75 m Breite) projectirt. Der innere und äussere Theil der Flügel ist entgegengesetzt gekrümmt; das Rad ist mit einer spiralförmigen Hülle umgeben, an welche sich ein Schlot anschliesst. Eine nähere Aufklärung über den Zweck der doppelten Krümmung der Flügel ist in der citirten Quelle nicht gegeben.

Einrichtungen für abwechselnd saugende und blasende Wirkung.

Unter Umständen ist es wünschenswerth, die Richtung des Wetterstromes umkehren, also den Ventilator nach Belieben saugend oder blasend verwenden zu können. Dies ist durch entsprechend angeordnete Kanäle und Wetterthüren erreichbar. So ist die auf S. 122 beschriebene Ventilatoranlage von Audemar für diesen Zweck eingerichtet.

Bei dem Guibal-Ventilator zu Montceau-les-Mines ist die Aufgabe in der aus Fig. 215 bis 217 ersichtlichen Weise gelöst.[1]) Der vom Wetterschacht kommende Kanal *C* theilt sich in zwei Aeste, deren einer in den Saugraum *S*, der andere in den Blaseraum *B* des Ventilators mündet. Der Raum *S* hat in seiner Decke eine ins Freie mündende Oeffnung *o*, ebenso der Blaseraum *B* die Oeffnung *p*.

Bei blasender Wirkung ist *p* oben durch eine Decke, die aus Traversen mit kleinen Ziegelgewölben besteht, geschlossen, der Saugkanal durch eine Mauer *m* abgesperrt. Die äussere Luft beschreibt den durch Pfeile *b* angedeuteten Weg; sie gelangt durch *o* und *S* zum Ventilator, welcher dieselbe durch *B* und *C* in den Wetterschacht drückt.

Soll der Ventilator saugend wirken, so wird *o* durch Gewölbe geschlossen, *p* offen gelassen, ferner die Mauer *m* entfernt und eine Mauer *n* aufgeführt. Die Luft beschreibt somit den durch Pfeile *s* angedeuteten Weg; sie tritt aus der Grube durch *m* und *S* dem Ventilator zu und wird von diesem durch *B* und *p* ins Freie geblasen.

Um den Anschluss der Kanäle zu vereinfachen, ist der Ventilator bis zur halben Höhe in den Boden versenkt. Auf die Oeffnung *p* kann auch ein Schlot aufgesetzt werden. Die Abschlüsse der Kanäle und Oeffnungen wurden früher durch hölzerne Thüren gebildet, welche jedoch kostspieliger sind und nicht leicht in gutem Stande verbleiben, während die Mauern einen guten dichten Abschluss herstellen. Die Umänderung von der einen in die andere Betriebsweise erfordert nur $^1/_2$ Tag Arbeit, was indessen zu viel Zeit wäre, wenn es sich um rasche Umkehrung des Wetterzuges nach einer Explosion handeln sollte.

In Fig. 211 bis 214 ist der Einbau des Guibal-Ventilators in Com-

1) Burat, Cours d'exploitation des mines, S. 226.

beredonde[1]) dargestellt, welcher ebenfalls saugend oder blasend verwendet werden kann. Fig. 212 ist der Längenschnitt, 214 der Grundriss, 213 der Schnitt nach *AB* und 211 der Schnitt nach *CD* der Fig. 212. Die Luft gelangt für gewöhnlich aus dem Schachte *a* durch den Gang *b* zum Ventilator und wird durch den Schlot *c* (Fig. 213) ausgeblasen; der Apparat wirkt dabei saugend. Um denselben blasend arbeiten zu lassen, wird die im Kanal *b* angebrachte Thür *d* geöffnet und eine Ziegelmauer *e* aufgeführt, welche den Weg vom Schachte zur Saugmündung des Ventilators absperrt; letzterer saugt daher frische Luft durch *d* an. Ferner wird die Thür, welche die Einsteigöffnung *f* (Fig. 213) abschliesst, aufwärts gedreht, bis sie sich an die Wand *g*, die hier fix ist, anlegt. Dadurch ist der Schlot abgesperrt und die Luft wird durch den gekrümmten Kanal *h* (Fig. 214) in den Schacht geblasen. Der Ventilator wird übrigens stets saugend verwendet und es soll durch diese Einrichtung nur im Nothfalle die blasende Wirkung ermöglicht werden. Die Construction des Flügelrades nebst Maschine ist auf S. 90 erläutert.

Noch eine Einrichtung zeigen Fig. 219 und 220. Der Ventilator besitzt zwei Schlote, deren einer auf- und der andere abwärts gerichtet ist; an den letzteren schliesst sich der Kanal *n*, welcher in den zum Schacht geführten Wetterkanal *o* mündet. Dieser ist mit der Saugkammer *k* in Verbindung, welche eine ins Freie gehende Oeffnung *c* besitzt; *p* ist die Maschinenkammer. An den Stellen *cd* (Fig. 220) und *ef* (Fig. 219) können luftdichte Verschlüsse angebracht werden. Soll der Ventilator saugen, so muss *d* und *f*, und soll er blasen, so muss *c* und *e* geöffnet sein.

Bei der Anordnung der Kanäle ist darauf zu achten, dass die Luft wenig Querschnittsänderungen und Ablenkungen erleide; am vortheilhaftesten erscheint in dieser Beziehung die Einrichtung Fig. 219 und 220. Soll der Ventilator für gewöhnlich saugend wirken, so ist es rationell, den Luftweg für diese Art der Wirkung möglichst einfach zu gestalten, wenn derselbe auch dann bei blasender Wirkung etwas complicirter wird.

In Frankreich werden Ventilatoren von Farcot verwendet, welche mit eisernem Gehäuse versehen sind und blasend oder saugend wirken können.[2])

Handventilatoren.

Für geringere Leistungen, z. B. zur Versorgung einzelner Feldörter, also besonders bei der Separatventilation, sind öfters von Hand be-

1) Bull. soc. ind. min. 1881, 10. Bd., S. 109.

2) Comptes rendus soc. ind. min. 1887, S. 31.

triebene Ventilatoren (auch Wettertrommeln oder Wettermühlen genannt) im Gebrauch. Dieselben können in gleicher Art wie die grossen berechnet werden.

Die Handventilatoren werden häufig blasend verwendet, weil dabei die frische Luft durch die Blaselutte unverdorben an den wetterbedürftigen Ort gelangt. Das Flügelrad ist dann mit einem Gehäuse umgeben, an welches sich tangential die Lutte anschliesst. Gehäuse werden auch bei saugender Wirkung verwendet, wenn es sich darum handelt, die verdorbene Luft weiter fortzuschaffen. Bei der Construction ist nach Umständen darauf zu sehen, dass der Apparat auch in den Grubenräumen leicht zu transportiren, rasch zu zerlegen und wieder aufzustellen sei.

Bei ihrem geringen Durchmesser verrichten die Handventilatoren, wie das Beispiel auf S. 34 zeigt, eine grosse Tourenzahl und erfordern daher eine starke Umsetzung. Diese wurde früher häufiger mit Riemen als mit Zahnrädern hergestellt; neuerer Zeit scheint man wieder den letzteren den Vorzug zu geben, weil sie weniger Störungen des Betriebes veranlassen. Sehr einfach und daher bei neuen Handventilatoren beliebt ist die Umsetzung mit Schneckenrad, nur verursacht dieses viel Reibung.

Hölzerner Handventilator. Aus Holz sind blasende Ventilatoren leichter herzustellen als saugende, weil die Blaselutte besser an den Umfang des Gehäuses, als eine Sauglutte an die Saugöffnung angeschlossen werden kann, dann weil sich die Blaselutte geradlinig, ohne Krümmung fortführen lässt, was wegen Raumersparniss in engen Strecken nicht unwichtig ist.

Ein blasendes Wetterrad in primitiver, dafür aber auch sehr einfacher und billiger Ausführung zeigen Fig. 270 und 271. Das Rad ist in einem aus einer gekrümmten und zwei ebenen Bretterwänden gebildeten Gehäuse eingeschlossen. Die Bretter sollen sämmtlich gefalzt, die Fugen verstopft oder verpicht sein. Verticale Leisten verstärken die Seitenwände des Gehäuses, das in dem leichten Gerüst g eingeschlossen und mit der Blaselutte b versehen ist. Das Rad selbst (Fig. 271) besteht aus einer hölzernen Welle mit eisernen Zapfen, an deren einen sich die Handkurbel anschliesst, und aus 4 oder 6 in der Welle verkeilten radialen Flügeln von Holz, deren Breite nächst der Welle durch zwei halbrunde Ausschnitte vermindert ist, um den Eintritt der Luft durch die Saugöffnungen zu erleichtern. Der äussere Halbmesser R_2 und die Umgangszahl n können mit Hülfe der Formel (31) bestimmt werden, in welcher jedoch wegen der unvollkommeneren Construction etwa

$$m = 2{\cdot}5$$

zu setzen ist. Die Breite des Gehäuses ist behufs einfacher Herstellung

so gross wie die der Lutte, die Summe der Saugöffnungen etwas grösser als der Luttenquerschnitt zu nehmen.

Bei den Ventilatoren, welche für den Betrieb durch 1 Arbeiter bestimmt sind, beträgt der Durchmesser des Wetterrades 1 bis 1·3 m, der Querschnitt der Lutte 350 bis 550 cm² und es lässt sich damit die Luft durch Lutten bis auf 400 m und mehr Entfernung fortbewegen. Wendet man Umsetzung an, so kann der Durchmesser des Rades in demselben Maasse verkleinert werden, als die Umdrehungszahl durch die Transmission steigt.

Ein hölzerner Doppelventilator ist später beschrieben.[1])

Eiserner Handventilator. Fig. 195 und 196 zeigen einen Ventilator für Handbetrieb von 0·315 m Durchmesser, wie dieselben von der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk bei Köln gefertigt, vielfach in Benutzung sind. Dieselben können sowohl saugend als blasend verwendet werden. Das Gehäuse besteht aus zwei Haupttheilen, welche in der Mittelebene des Rades zusammenstossen und durch Schrauben verbunden sind. Die vom Saugrohr *s* kommende Luft vertheilt sich in zwei an die Hälften des Gehäuses angegossene Kanäle und tritt durch diese von beiden Seiten in das Rad. Letzteres besteht aus einer schmiedeisernen Nabe mit fünf Armen, an welchen die gegen aussen verjüngten, am Umfange zurückgekrümmten Blechflügel befestigt sind. Der Auslaufraum hat kreisförmigen Querschnitt und erweitert sich allmälig gegen das Blaserohr *b*.

Die Ventilatorwelle ruht in zwei einfachen Lagern, deren eines an das Gehäuse angeschraubt, das andere angegossen ist. Durch zwei mit Gegenmuttern versehene Stellschrauben $t\,t_1$, welche sich an die spurzapfenartig geformten Wellenenden anlegen und deren Muttergewinde sich in der Lagerwand befinden, lässt sich das Rad stellen. Die Bewegung erfolgt durch eine Schraube ohne Ende, deren Gewinde in der verstärkten Welle eingeschnitten ist, und durch ein Zahnrad, dessen Lager an Angüssen des Gehäuses befestigt sind. Diese Bewegungsart veranlasst einen Druck der Welle gegen die Stellschraube t_1, daher die Röhre, welche das Schmieröl zuführt, ober t_1 angebracht ist. Die Schraube ohne Ende taucht beständig in Oel, welches sich in einer Blechschale befindet, die nach Abnahme des Wellenlagers entfernt werden kann.

Das Gehäuse endigt unten in zwei breite Fussplatten, welche durch Schrauben auf einem Holzblock oder Schweller befestigt werden. Die Montirung erfolgt wie bei dem Ventilator Fig. 182 (S. 130).

Andere Construction. Von der Maschinenfabrik Heintzmann

1) Ueber hölzerne Handventilatoren s. Serlo's Bergbaukunde.

und Dreyer in Bochum („Bochumer Eisenhütte") werden viele Grubenventilatoren für Handbetrieb von der aus Fig. 182 bis 186 im Detail ersichtlichen Construction, sowohl für saugende als blasende Wirkung verwendbar, geliefert. Wie der Längen- und Querschnitt Fig. 185 und 186 zeigen, enthält das Rad, welches 0·315 m Durchmesser hat, 5 durch Nieten an der gegossenen Nabe befestigte Blechflügel von 2 mm Stärke, die eine geringe Krümmung nach rückwärts besitzen. Der Flügelraum ist gegen aussen verengt und zwischen zwei conischen Blechwänden von 1 mm Stärke eingeschlossen, an welchen die Flügel mittels angeschnittener Zäpfchen festgenietet sind. Am inneren Umfange dieser Blechwände sind 2 mm starke Ringe befestigt, welche sich mit 1 mm Spielraum gegen die anstossenden Gehäusewände bewegen.

Das Gehäuse dieses Ventilators zeigen die Fig. 182 bis 184. Der Antrieb erfolgt durch ein mit Handkurbel drehbares Zahnrad und ein dreigängiges, in die Welle geschnittenes Schraubengewinde. Das Lager *A* der Ventilatorwelle, dessen Form Fig. 182 und der Grundriss Fig. 184 zeigen, ist seitwärts an das Ventilatorgehäuse angeschraubt. Die Schraube ohne Ende taucht in einen an *A* angegossenen Oelbehälter; um jedoch das Lager *A* von der linken Seite her auf den Wellenzapfen schieben zu können, wobei die Wand *a* mit der Schraube in Collision käme, hat erstere einen runden Ausschnitt, welcher durch eine abnehmbare Eisenschiene gedeckt wird. An beiden Wellenlagern befinden sich wieder Stellschrauben mit Gegenmuttern zur Fixirung des Rades und Aufnahme des in Fig. 182 linkseitig gerichteten Zahndruckes. Die Spille der Kurbel wird blos mit einer Hand ergriffen, da sie nur 14 cm Länge hat.

Das Lager *l* der Kurbelwelle ist durch drei Schrauben an dem mit einem entsprechenden Angusse versehenen Ventilatorgehäuse befestigt und mit einem Behälter für die Schmiere versehen.

Das gusseiserne Gehäuse (Fig. 183) besteht wie in Fig. 196 aus zwei in der Mittelebene des Flügelrades zusammenstossenden und durch Schrauben verbundenen Hälften; es bildet zwei flach conische, das Flügelrad umschliessende Wände und einen allmälig erweiterten, in den runden Querschnitt des Blaserohres übergehenden Auslaufraum, an welchen bei *n* (Fig. 183) die Lutte angeschlossen wird, wenn der Ventilator blasend arbeitet. Die beiden Gehäusehälften werden durch zwei conische Stifte *c* vor dem jedesmaligen Zusammenschrauben in die genau richtige gegenseitige Stellung gebracht. — Der Schnitt Fig. 183 ist durch die Mittelebene des Rades geführt und zeigt daher die Berührungsfläche der Hälften.

An die Wände des Gehäuses sind, im Anschluss an die beiderseitigen Saugöffnungen des Rades, verticale Kanäle *C* angegossen, die sich

unten zu einem einzigen Saugrohr vereinigen, an welches wieder bei n_1 eine Lutte befestigt werden kann, wenn der Apparat saugend wirken soll. Die Form der Grundplatte zeigen die Figuren.

Um den Ventilator zusammenzustellen, muss zuerst die Welle durch die in Fig. 182 links befindliche Gehäusehälfte von der linken Seite her durchgesteckt und das Rad auf dieselbe aufgekeilt werden; dann kann man die rechte Hälfte und das Lager A anschieben.

Da die Schraube dreigängig ist und das Zahnrad 58 Zähne besitzt, ist das Umsetzungsverhältniss 58:3. Die Kurbel hat 0·3 m Länge und nimmt man deren Umfangsgeschwindigkeit zu 1 m an, so ergibt sich die Tourenzahl des Ventilators

$$n = \frac{58}{3} \frac{60.1}{2.0{\cdot}3\pi} = \text{rund } 600.$$

Ausser den beschriebenen werden von der Bochumer Eisenhütte auch Handventilatoren mit 0·5 m Flügeldurchmesser hergestellt, welche indessen grösseres Gewicht besitzen und sich daher mehr für stabile Aufstellung eignen.

Sonstige Handventilatoren. Aeltere solche Apparate aus der Bochumer Hütte sind durch Fig. 192 und 193 dargestellt.[1]) Der Ventilator Fig. 193 ist nach Rittinger's Theorie construirt und mit Riementransmission versehen. Das Gehäuse g, an das sich das Blaserohr b anschliesst, ruht auf dem Rahmen r, welcher durch vier Füsse gestützt ist; mittels der Handkurbel k erfolgt die Bewegung. Die Spindel der unteren Riemenrolle ist an dem um o drehbaren Rahmen p angebracht; drückt man letzteren nieder, so werden die beiden Riemen gespannt. Die Feststellung erfolgt durch einen bei q eingesteckten Stift. Bei dem in Fig. 192 skizzirten Ventilator ist Zahnräderumsetzung angewendet.

Dinnendahl stellt ebenfalls viel verwendete Handventilatoren her, welche nach Rittinger construirt sind, nur ist bei denselben der Flügelraum gegen aussen verengt.

Auch Pelzer fertigt Ventilatoren für Handbetrieb, mit doppelter Zahnradumsetzung, welche sehr gelobt werden.[2])

Combination von zwei Ventilatoren.

Auf einem und demselben Schacht sind öfters zwei Ventilatoren aufgestellt, in Bezug auf deren Anordnung und Betrieb folgende Fälle zu unterscheiden sind.

---

1) Dingler's polyt. Journ. 1865, 175. Bd., S. 91.

2) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 702. Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 269; 1882, 30. Bd., S. 255.

Entweder dient einer derselben für den anderen als Reserve (vergl. Seite 62), so dass, wenn der eine der Reparatur bedarf, der andere in Betrieb kommt, oder dass beide regelmässig wechselnd in Gang gesetzt werden. Meistens aber trifft man die Einrichtung, dass beide auch zugleich betrieben werden und daher nach Bedarf einen verstärkten Wetterzug hervorrufen können. Dabei sind entweder beide Ventilatoren unabhängig von einander, saugen jeder für sich die Luft aus demselben Schacht und blasen sie ins Freie aus, oder der eine bläst die Luft dem anderen zu, in welch' letzterem Falle man es mit einem eigentlichen Doppelventilator zu thun hat.

Gleichzeitiger Betrieb zweier von einander unabhängiger Ventilatoren. Dieser Fall hat eine verschiedene Beurtheilung erfahren. Von mehreren Seiten wurde behauptet, dass zwei gleiche nebeneinander aufgestellte Ventilatoren keine grössere Luftmenge liefern, als ein einzelner bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit, weil jeder von ihnen, ob sie nun einzeln oder zusammen arbeiten, die der Tourenzahl und dem Durchmesser entsprechende Depression erzeugt, bei gegebener Depression aber nur eine bestimmte Luftmenge aus der Grube gesaugt wird.

Das letztere ist wohl richtig, nicht aber die Meinung, dass die erzeugte Depression in beiden Fällen die gleiche sei. Es wird dabei übersehen, dass beide zusammen, nach Murgue'scher Ausdrucksweise, eine grössere Durchgangsöffnung o besitzen, und somit, wie die einfache Betrachtung der Gleichung (53) auf S. 37 zeigt, die Depression h grösser wird. Wäre die besprochene Ansicht richtig, so müsste, wenn statt eines Ventilators von gegebenen Dimensionen ein anderer mit halber Breite und halber Grösse der Saugöffnung aufgestellt wird, dieser bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit auch die gleiche Depression erzeugen und daher die gleiche Luftmenge ergeben, wie der grössere Ventilator. Es wäre also die Breite des Flügelrades, sowie der Querschnitt der Eintrittsöffnung gleichgültig, und es liegt auf der Hand, dass dieses Resultat nicht zutreffend und die demselben zu Grunde liegende Voraussetzung unrichtig ist.

Allerdings kann aber, wie schon an und für sich klar ist, die Depression auch durch eine beliebig grosse Zahl Ventilatoren nicht über eine bestimmte Grenze gesteigert werden, und diese ist die anfängliche, d. h. die theoretische Depression h_a, welche sich bei ganz geschlossener Saugöffnung ergibt, denn nach (53) könnte erst für $o = \infty$, $h = h_a$ werden und bleibt somit stets $h < h_a$; die Luftmenge kann daher auch nie so gross werden, als jene, welche bei einer Depression h_a (und offenem Saugkanal) aus der Grube treten würde.

Je mehr Ventilatoren aufgestellt sind, desto weniger Luft durchströmt jeden derselben, desto mehr nähert sich also die Depression der bei einer Luftmenge = 0, also bei geschlossenem Saugkanal vorhandenen; die gesammte Luftmenge nimmt der wachsenden Depression entsprechend zu, nicht aber im gleichen Verhältniss mit der Zahl der Ventilatoren, und sie kann den obigen Grenzwerth nie erreichen.

Arbeiten zwei gleichzeitig betriebene Ventilatoren von derselben Grösse nicht gleich gut oder mit verschiedener Tourenzahl, so liefern dieselben verschiedene Luftmengen. Ist die Depression, welche der eine *A* erzeugt, gleich derjenigen, welche der andere *B* bei geschlossener Saugöffnung ergibt, so strömt durch *B* gar keine Luft, und wird die von *A* erzeugte Depression noch grösser, so findet selbst Einsaugen durch den wenn auch im Betrieb befindlichen Ventilator *B* statt.

Bei der gleichen Tourenzahl braucht jeder Ventilator bei gemeinschaftlichem Gange eine kleinere Betriebskraft, als beim Einzelgange, weil die Luftmenge für jeden mehr abnimmt, als die Depression wächst. Die Tourenzahl bleibt also nur ungeändert, wenn die Betriebskraft entsprechend vermindert wird.

Werden zwei Ventilatoren statt eines in Gang gesetzt und wendet man für jeden derselben die gleiche Betriebskraft auf, wie früher für den einzigen, so laufen sie schneller, wodurch Depression und Luftmenge soweit zunehmen, dass die reine Leistung $m h \gamma$, abgesehen von den Nebenhindernissen, die doppelte wird. Da die Geschwindigkeit der Kraftmaschine nicht zu sehr steigen kann, soll, wenn ein solcher Betrieb beabsichtigt ist, durch Riemenscheiben von verschiedenem Durchmesser für veränderliche Transmission gesorgt sein.

Ein einziger grösserer Ventilator ist jedoch einfacher, billiger und verursacht geringere Reibungswiderstände, er entwickelt einen grösseren Wirkungsgrad, als zwei kleinere, und ist daher für eine Neuanlage wohl jedenfalls vorzuziehen. Die Verwendung zweier Ventilatoren in der angegebenen Art hat daher nur eine Berechtigung, wenn schon ein solcher vorhanden ist und, um eine benöthigte grössere Luftmenge zu erhalten, demselben ein zweiter beigesellt wird.

Doppelventilatoren. Wenn statt eines Ventilators, welcher die Depression h erzeugt, deren zwei ebenso grosse derart combinirt werden, dass die Luft beide nacheinander durchströmt, so wird bei gleicher Tourenzahl durch jeden derselben eine Steigerung der Pressung um h, also im Saugkanal eine Depression $2h$ erzielt, die Luftmenge, welche der Quadratwurzel aus der Depression im Saugkanal proportional ist, steigt auf das $\sqrt{2}$fache und die erforderliche ganze Betriebskraft auf das $2\sqrt{2}$fache, mithin für jeden

der Ventilatoren auf das $\sqrt{2}$fache der früher für den einen Ventilator nothwendigen.

Wird für beide Ventilatoren zusammen die doppelte Betriebskraft des einzelnen verwendet, so ergeben sich die Depression h im Saugkanal und die Luftmenge m noch immer entsprechend grösser, als beim Einzel-Ventilator, derart, dass das Product $mh\gamma$ den doppelten Werth besitzt.

Soll endlich die gleiche Depression wie früher erzielt werden, also auch die gelieferte Luftmenge ungeändert bleiben, so hat jeder Ventilator nur eine Depression $0·5\ h$ zu erzeugen und die Tourenzahl, welche der Quadratwurzel aus der von jedem Ventilator erzielten Depression proportional ist, wird auf das $\sqrt{0·5} = 0·707$fache vermindert. Wenn beide Ventilatoren verschiedene Depressionen erzeugen, so ist die in der Saugöffnung entstehende Depression die Summe der von beiden Rädern hervorgerufenen.

Nach dem Gesagten kann man durch Anwendung eines Doppelventilators entweder eine grössere Depression und Luftmenge erzielen, natürlich unter entsprechender Vermehrung der Betriebskraft, oder bei gleicher Leistung die Tourenzahl herabsetzen, und zwar beides in ausgiebigerem Maasse als durch zwei nebeneinander arbeitende Ventilatoren, welche ebenso rasch umlaufen.

Die Erzielung einer grösseren Leistung wird erforderlich, wenn der vorhandene Ventilator nicht mehr genügt; es wird dann ein zweiter dazu gebaut. Die Verminderung der Tourenzahl dagegen ist nothwendig, wenn eine grössere Depression bei kleinem Raddurchmesser erhalten werden soll, wie z. B. bei Handventilatoren. Da aber zwei Ventilatoren, wie früher bemerkt, mehr kosten und geringeren Wirkungsgrad haben, als ein einziger entsprechend grösserer, der allein die gegebene Leistung vollbringt, so wird man für eine Neu-Anlage den Doppelventilator nur dann wählen, wenn man die für einen einzigen Ventilator sich ergebende Umfangsgeschwindigkeit zu gross findet und herabzusetzen wünscht.

Nach Versuchen von Capell[1]) ergibt in der That ein Doppelventilator bei gleicher Tourenzahl die 1·3fache Luftmenge (die theoretische Menge wäre die $\sqrt{2} = 1·414$fache), sowie die doppelte Depression des einfachen. Bei der später beschriebenen Anlage der Grube Gerhard wurde durch Umwandlung des einfachen in einen Doppelventilator die Luftmenge auf das 1·28fache, die Depression auf das 1·66fache erhöht.

Bei neuerlichen Versuchen von Ochwadt ergab der später beschriebene Dinnendahl'sche Doppelventilator bei gleicher Tourenzahl

1) Dingler's polyt. Journ. 1878, 228. Bd., S. 31.

mit einem einfachen fast genau die $\sqrt{2}$ fache Luftmenge. Der Dampfverbrauch für eine gegebene reine Leistung stellte sich bei einigen der Versuche mit dem Doppelventilator selbst geringer, als bei dem einfachen heraus.[1])

Bei den Anlagen wird in der Regel Vorsorge getroffen, dass beide Ventilatoren nicht blos zusammen, sondern auch einzeln betrieben werden können. Die Ausführung soll wieder eine derartige sein, dass die Luftwege möglichst einfache werden, insbesondere, dass das eine Rad, wenn es allein im Betriebe ist, die Luft nicht durch das andere hindurch, sondern direct aus der Grube ansaugt oder ins Freie ausbläst.

Doppelventilator auf dem Mariaflötz der Gerhardgrube. Diese Anlage zeigen Fig. 197 bis 199 im Grundrisse und in den Schnitten *AB* und *CD*.[2]) Die beiden Guibal-Ventilatoren sind in den Räumen *I* und *II* aufgestellt, welche in der unteren Hälfte gemauert sind, während das Gewölbe durch eine mit T-Eisen versteifte Blechdecke ersetzt ist. Der Ventilator *I* hat einen horizontalen Blasekanal, der durch eiserne Träger und zwischenliegende Ziegelgewölbe eingedeckt ist, der Ventilator *II* den gewöhnlichen Blasehals, dessen äussere Wand *n* aus Blech hergestellt wurde, nachdem die früher vorhandene, an der Aussenseite wie gewöhnlich stufenförmig abgesetzte Mauerung durch Senkungen Risse erhalten hatte.

Der Saugkanal *a* trennt sich in zwei zu den Saugräumen $s s_1$ der beiden Ventilatoren geführte Aeste $m m_1$; von $s s_1$ kann die Luft durch runde Oeffnungen in die Flügelräder eintreten. Der verticale Blasehals von *II* mündet ins Freie, der horizontale von *I* in den gemauerten, oben mit einem Blechdeckel verschlossenen Schlot *o*, von dessen Boden ein Kanal *k* zu dem Saugraum s_1 geführt ist. In m, m_1 und *k* befinden sich luftdicht schliessende Thüren *e f g*.

Sollen beide Ventilatoren arbeiten, so wird nach Fig. 199 *e* und *g* geöffnet, die Luft strömt durch *m* und *s* zum Ventilator *I*, der dieselbe durch *k* und s_1 dem zweiten Ventilator *II* zuführt, und dieser bläst die Luft durch den verticalen Schlot aus.

Soll *I* allein arbeiten, so ist *e* offen und es wird der Deckel des Schachtes *o* gehoben, so dass die Luft durch diesen ins Freie gelangt; für den alleinigen Betrieb von *II* wird blos die Thür *f* geöffnet.

Eine ähnliche Anlage ist auch zu Stangenmühle bei Luisenthal in Verwendung.

---

1) Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 280.

2) Nach Zeichnungen, welche dem Verfasser von der Berginspection in Louisenthal zukamen. S. auch Preuss. Zeitschr. 1879, 27. Bd., S. 281.

Doppelventilator zu Lampennest. Die von R. W. Dinnendahl's Maschinenfabrik zu Huttrop für die Abtheilung Lampennest der Steinkohlengrube von der Heydt ausgeführte Anlage ist durch Fig. 86 bis 91 dargestellt. Die Flügelräder selbst sind in gleicher Dimension und Construction, wie das in Fig. 92 bis 98 dargestellte, auf S. 94 beschriebene Rad ausgeführt. Der Saugkanal ist, da die Räder doppelte Saugöffnung besitzen, in zwei Aeste gegabelt, von welchen je zwei verticale Kanäle zu den Saugöffnungen aufsteigen. Diese sind oben mit gusseisernen Deckeln in Form einer Viertelkugel versehen, wie Fig. 89 bis 91 in grösserem Massstabe zeigen; die von der Dampfmaschine abgewendeten Lager stehen in gusseisernen, mit Thür versehenen Gehäusen. Der Blasekanal des einen Ventilators, welcher eine Decke aus Traversen mit Ziegelgewölben besitzt, geht unter dem zweiten Ventilator durch und vereinigt sich mit dessen Blasekanal zu einem gemeinschaftlichen Schlot.

Die Räder AB, welche abgesonderte Dampfmaschinen besitzen, können zufolge einer sehr einfachen Einrichtung entweder jedes einzeln oder beide nacheinander auf die Luft wirken. Zu diesem Zwecke befinden sich an den unteren Mündungen der verticalen Saugkanäle des Rades A Thüren mit horizontaler Drehungsachse, welche durch über Rollen laufende Seile mit Gegengewichten verbunden sind und die Stellung a_1 oder a_2 (Fig. 86) einnehmen; die Saugkanäle des Ventilators B sind nach unten verlängert, communiciren mit dem Blasekanal und haben an der Mündung in den letzteren verticale Thüren, welche in den im Grundriss angedeuteten Stellungen $b_1\,b_1$ oder $b_2\,b_2$ fixirt werden können Die Thüren sind von Eisen, durch Filzstreifen gedichtet und durch Riegel in ihrer jeweiligen Stellung festgehalten.

Soll der Ventilator A allein arbeiten, so werden die Thüren desselben in die Stellung a_1, die anderen in die Stellung b_1 gebracht; A kann dann saugen und ausblasen, während B durch a_1 gegen die Grube und durch b_1 gegen den unteren Blasekanal abgeschlossen ist.

Bei der Stellung a_2 und b_1 der Thüren arbeitet der Ventilator B allein.

Bei der Stellung b_2 berühren sich beide Thüren und schliessen den unteren Blasekanal gegen den Schlot, öffnen hingegen dessen Verbindung mit dem zweiten Ventilator. Werden daher die anderen Thüren in die Stellung a_1 gebracht, so saugt das Rad A Luft aus der Grube und treibt sie in den Blasekanal, von wo sie neben den Thüren b_2 vorüber zu den Saugöffnungen des Ventilators B gelangt und von diesem schliesslich durch den Schlot ausgeworfen wird.

Sonstige grössere Doppelventilatoren. Solche Apparate von Schiele's Construction sind mehrfach in Preussen in Anwendung.[1] Beim Bau des Arlberg-Tunnels wurden drei aufeinanderfolgende Ventilatoren aufgestellt, mittels welcher man sehr hohe Depressionen erzielte. Auf der Grube Boubier bei Charleroi[2]) erwies sich der Guibal-Ventilator von 7·5 Durchmesser als ungenügend, daher man demselben einen Lambert'schen hinzufügte. Der erstere gibt 42·5, der letztere 38 mm, daher erzeugen beide zusammen 80·5 mm Depression.

Harzé gibt die aus Fig. 205 und 206 ersichtliche Einrichtung an.[3]) Der erste Ventilator *A* entnimmt die Luft aus dem Saugkanal *S* und schafft dieselbe durch den spiralförmigen gemauerten Auslaufraum in die Kammer *K*, in welche die Saugöffnung des zweiten Ventilators *B* mündet. Dieser drückt die Luft zwischen Leitflügeln in den oben offenen Raum *R*. Es kann aber auch jeder Ventilator für sich die Luft aus der Grube fortschaffen, der andere während dessen reparirt werden. Soll z. B. *A* allein arbeiten, so wird eine horizontale Wand, welche die Kammer *K* oben schliesst, entfernt, wobei die Luft aus *K* direct nach aufwärts abströmt; soll dagegen *B* allein arbeiten, so wird die Thür *T* geöffnet, welche *K* mit dem Saugkanal verbindet, daher die Luft aus letzterem durch *K* der Saugöffnung von *B* zuströmt.

Auf dem Beustflötz der Grube Gerhard Prinz Wilhelm bei Saarbrücken, wo ein Guibal von 9 m Durchmesser und 3 m Breite zu wenig leistete, wurden statt des einen Fügelrades deren zwei von je 1 m Breite derart auf der Welle befestigt, dass zwischen beiden ein Raum von 1 m Breite freiblieb, welcher durch zwei Blechwände gegen die Räder abgegrenzt wurde. Die Luft geht durch das eine Rad in die zugehörige oben geschlossene Abtheilung des Blaseraumes, von dort durch eine Oeffnung in den Zwischenraum der Räder und durch das zweite Rad in die andere oben offene Abtheilung des Schlotes.

Kleine Doppelventilatoren. Für kleine Anlagen lässt sich das besprochene Princip nach Fig. 202 und 203 auf folgende Art realisiren, wobei vorausgesetzt ist, dass der Raum *A* mit frischer Luft zu versorgen sei.

1) Von dem einen Ventilator *a* (Fig. 203) wird eine Sauglutte *c* bis zu einem Orte, wo sich frische Luft befindet, geführt. Der Ventilator *a* saugt diese Luft an und treibt sie durch das Verbindungsrohr *e* dem zweiten Ventilator *b* zu, dessen Blaserohr in die Lutte *d* mündet. Die

1) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss Schlagwetter-Commission, 5. Bd., S. 5.
2) Revue universelle 1878, 3. Bd., S. 754; 1880, 8. Bd., S. 283.
3) Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 53.

verdorbene Luft strömt durch die Strecke *AC* ab. So wirken die Doppelventilatoren von Chapli[1]) und von Perrigault.[2])

2) Das Saugrohr *c* (Fig. 203) wird mit der Lutte *d*, das Blaserohr des Ventilators *b* mit der äusseren Luft oder einem Schacht, durch den die Wetter ausziehen, verbunden. Dabei strömt die frische Luft von *C* gegen *A* ein und die Maschine wirkt saugend.

3) Endlich kann nach Fig. 202 der Ventilator *b* von einem dazu geeigneten Orte durch die Lutte *c* reine Luft ansaugen und dieselbe durch die Lutte *d* nach *A* schaffen, während der zweite Ventilator *a* die verdorbene Luft durch *e* ansaugt und mittels einer an den Blaseraum angeschlossenen Lutte ins Freie bläst. In diesem Falle ersetzen die Lutten *de* (Fig. 202) das Verbindungsrohr *e* (Fig. 203). Im Princip wäre dagegen einzuwenden, dass die Aus- und Einströmung der Luft in der Länge *AC* durch Lutten stattfinden muss, während im Falle 1) die Aus- und im Falle 2) die Einströmung durch die Strecke *AC* selbst erfolgt und wegen des grösseren Querschnittes der letzteren die Bewegungshindernisse kleiner werden. Auch könnte unter Umständen die Wirksamkeit des Apparates dadurch beeinträchtigt werden, dass (Fig. 202) die Spannung in *A* von der bei *C* verschieden wird und daher in der Strecke *AC* selbst eine Strömung entweder von *A* gegen *C* oder umgekehrt eintritt. Doch hat die beschriebene Einrichtung, welche von Eckardt[3]) ersonnen und mehrfach angewendet wurde, sich in der Praxis gut bewährt. Sie gestattet namentlich, mittels Lutten die frische Luft einem beliebigen Raume zu entnehmen und zugleich die verdorbene nach irgend einem anderen Orte fortzuführen, wogegen im Falle 1) die Abströmung der verdorbenen und im Falle 2) die Zuströmung der frischen Luft nur durch die Strecke *AC* erfolgt.

Den im Falle 3) verwendeten Doppelventilator, der für Handbetrieb bestimmt ist, zeigen Fig. 189 bis 191 in der Ansicht, dem Schnitt und Grundriss. Die Flügelräder *f* haben 0·42 m Durchmesser und 0·1 m Breite, werden durch einen Mann mittels Riementrieb bewegt und erhalten 600 bis 1000 Umgänge pro Minute. Das Gehäuse besteht aus zwei Wänden *a*, an welchen die Lager der Ventilatorwelle angebracht sind. Der Raum, worin die Flügelräder sich bewegen, ist durch die Scheider *c*, welche die Saugöffnungen enthalten, dann durch spiralförmige Mäntel begrenzt, an die sich die Blaselutten *b* schliessen. Die Sauglutten werden

1) Rittinger, Mittheilungen über die Pariser Ausstellung 1855, S. 79.

2) Dingler's polyt. Journ. 1866, 179. Bd., S. 266. Rittinger, Mittheilungen über die Pariser Ausstellung 1867, S. 28.

3) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Preuss. Staate 1858, 5. Bd., S. 79.

mit den Oeffnungen *s* verbunden. Das Gehäuse ist leicht zu zerlegen und zu transportiren.

Unterirdische Aufstellung.

Für die Wettermaschine erweist sich öfters die Aufstellung in der Grube als vortheilhaft, und zwar erstlich, wenn der Wetter-Ausziehschacht zur Förderung verwendet werden soll; bei Anordnung des Ventilators ober Tag ist nämlich die Förderung in dem Wetterschacht erschwert, weil dieser dabei einen luftdichten Verschluss erhalten muss. Ferner kann bei unterirdischer Aufstellung mitunter Wassertransmission zum Betrieb verwendet werden. Insbesondere aber wird bei der Separatventilation die Wettermaschine meistens in die Grube verlegt, weil sonst vom Tag aus zu lange Luftleitungen hergestellt werden müssten.

Als Beispiel einer unterirdischen Anlage möge die der Zeche Shamrock bei Herne (Fig. 227 bis 229) dienen, welche mit einem Geisler'schen Ventilator ausgestattet ist[1]), dessen Leistungen auf S. 70 angeführt wurden. Der auf der Wettersohle in 196 m Tiefe im festen Kohlensandstein ausgesprengte Raum für die Anlage hat 15 m Länge, 5 m Breite und 5—8 m Höhe. In dem rund ausgemauerten Saugkanal *S* vereinigen sich die vom nördlichen und südlichen Wetterquerschlag zutretenden Ströme; der Blasekanal *C* ist allmälig erweitert zum Wetterausziehschacht, die Zugangsstrecke *D* vom Einziehschacht zum Ventilator geführt.

Die Aufstellung erfolgte unter Tag, um den Ausziehschacht zur Förderung verwenden zu können.

Zum Betrieb des 3·5 m Durchmesser besitzenden Flügelrades dient eine Zwillingsdampfmaschine von 0·33 m Cylinderdurchmesser und 0·6 m Hub, deren Schwungrad die Bewegung durch vier 50 mm starke Hanfseile mit dreifacher Umsetzung auf die Ventilatorwelle überträgt. Die Lüftung des Maschinenraums erfolgt durch den in den Haupt-Saugkanal mündenden Kanal *c*, dessen Oeffnung mittels eines Schiebers regulirt werden kann. Der Ventilator saugt daher die Luft des Maschinenraumes an, welche durch frische, vom Einziehschachte her durch die Zugangsstrecke *D* kommende ersetzt wird.

Zur Dampfzu- und Ableitung dienen die Rohre *r* (Fig. 228 und 229), welche in den oberen, auf eine gewisse Länge durch das Gewölbe *g* abgeschiedenen Raum des Blasekanales *C* verlegt sind. Die Knierohre, welche die liegenden und stehenden Theile der Dampfröhren verbinden,

1) Gräff, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 234.

sind in Stopfbüchsen drehbar, daher die Röhren sich bei Temperatur-Aenderungen verschieben können.

Die Spirale des gemauerten Gehäuses ist wie bei dem auf S. 68 beschriebenen Geisler'schen Ventilator construirt. Der Fundamentrahmen hat hier keine Verlängerung zum Zurückziehen des Flügelrades. —

Zu Klein-Voigtsberg im Freiberger Revier wurde in der Grube ein Ventilator mit verticaler Achse aufgestellt[1]), welche durch eine am unteren Ende angebrachte schottische Turbine 350 Umgänge pro Minute erhält. Diese Einrichtung ist, da die Transmission wegfällt, sehr einfach und billig und eignet sich für unterirdisch aufzustellende Ventilatoren, wenn eine Wasserhaltungsmaschine vorhanden ist, die das verbrauchte Wasser hebt; das letztere bildet das Transmissionsmittel, durch welches ein Theil der Arbeit der Wasserhaltungsmaschine an den Ventilator übertragen wird.

In der Steinkohlenzeche Graf Moltke bei Gelsenkirchen wurde auf der Wettersohle ein Schiele-Ventilator von 2 m Durchmesser und 0·5 m Breite aufgestellt, welcher durch eine eincylindrige Dampfmaschine von 14 Pferdekraft betrieben wird.[2])

Separatventilation mit Centrifugal-Ventilatoren.

Der von der Wettermaschine erzeugte Luftstrom wird durch den Wetter-Einziehschacht in die Grube zu deren einzelnen Feldern, und durch den Ausziehschacht wieder zu Tage geleitet. Er bestreicht jedoch meist nicht die einzelnen Abbaustösse. Man kann zwar durch ein System von Wetterthüren, Scheidern u. s. w. die Luft ganz oder zum Theil an den betreffenden, seitwärts von den Hauptstrecken befindlichen Stellen durchleiten, wobei jedoch grössere Bewegungshindernisse zu überwinden sind und folglich eine stärkere Depression nothwendig wird.

Man versieht daher solche Orte durch eine besondere Einrichtung, durch sogenannte Separatventilation, mit frischer Luft, welche dann mit dem Hauptstrom weiter ziehend, diesen noch verstärkt. Namentlich bei engen Gruben empfiehlt es sich, für die entlegenen und besonders wetternöthigen Orte eine Separatventilation vorzurichten.

Zu derselben werden meist blasende Ventilatoren verwendet, weil diese die frische Luft mittels Lutten vom Tage oder vom einfallenden Wetterstrom her unmittelbar an die zu ventilirende Stelle bringen. Die Aufstellung erfolgt im letzteren Falle in der Grube.

1) Von Tittel, Freiberger Jahrbuch 1871, S. 157.
2) Preuss. Zeitschr. 1887, 33. Bd., S. 242.

Da die Lutten einen grösseren Reibungswiderstand verursachen und daher eine grössere Depression nothwendig ist, werden auch Doppelventilatoren verwendet.

Der Betrieb erfolgt bei kleiner Luftmenge und vorübergehendem Betrieb von Hand, bei Aufstellung des Apparates in der Grube oft durch Wasserkraft, neuerer Zeit auch durch elektrische Transmission und durch comprimirte Luft.

Durch Wasserkraft kann die Wettermaschine bewegt werden, wenn ebenso betriebene Gesteinsbohrmaschinen vorhanden sind, aus deren Druckleitung das Betriebswasser entnommen wird, oder wenn überhaupt Wasser unter einem Gefälle zufliesst; dasselbe muss nach erfolgter Wirkung frei abströmen oder durch eine vorhandene Wasserhaltungsmaschine gehoben werden können. Von Kraftmaschinen eignet sich für raschlaufende Ventilatoren die Turbine wegen deren grösserer Umgangszahl.

So sind auf der Bleigrube Holzappel im Reviere Dietz[1]) einige kleine blasende Ventilatoren von 0·7 m äusserem, 0·24 m innerem Durchmesser und 0·2 m Breite, mit 6 etwas zurückgekrümmten Flügeln versehen, aufgestellt, welche ohne Umsetzung durch Schwamkrugturbinen von 0·25 m äusserem, 0·15 m innerem Durchmesser und 0·04 m Breite betrieben werden. Die Lager der Welle ruhen auf einem leichten eisernen Gerüst und befinden sich ausserhalb des excentrischen Gehäuses, an das sich tangential die Blaselutte anschliesst. Das Turbinenrad ist auf dem freien Ende der über das eine Lager hinaus verlängerten Welle aufgekeilt.

Zu Geislautern bei Saarbrücken wurde ein Schiele'scher Ventilator von 0·9 m Durchmesser aufgestellt, dessen Welle direct mit der einer Turbine gekuppelt ist, die bei 66 m Gefälle 750 Touren verrichtet. Die Luft wird 300 m weit aus einem Querschlag abgesaugt und in den Ausziehschacht fortgeblasen.[2])

In der Grube zu Zaukeroda[3]) in Sachsen ist ein Ventilator von 0·32 m Durchmesser im Betrieb durch ein auf dessen Welle befestigtes Turbinenrad von 0·3 m Durchmesser mit äusserer Beaufschlagung. Am Schneeberger Kobaltfeld[4]) wird ein Flügelrad von 0·83 m äusserem, 0·26 m innerem Durchmesser und 0·19 m Breite, welches die Luft durch eine 300 m lange und 0·19 m weite Leitung ansaugt, durch eine Turbine von 0·212 m Durchmesser betrieben. Auf der Zeche Vereinigte Trappe im

1) Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 269.
2) Ebendas. 1882, 3. Bd., S. 255.
3) Freiberger Jahrbuch 1883, S. 111.
4) Ebendas. 1887, 2. Theil, S. 116.

Revier Sprockhövel sind zwei Ventilatoren durch eine Partialturbine mit 143 m Gefälle und 0·02 m weitem Einfallrohr bethätigt.[1])

Wasserräder[2]) von ungefähr 1 m Durchmesser werden auf der Zeche Vollmond bei Bochum zum Betrieb von Ventilatoren für einzelne Betriebspunkte verwendet. Das Aufschlagwasser dazu wird in der Wettersohle aufgefangen und dem Wasserrade zugeleitet; der Verbrauch davon beträgt 56 Liter pro Minute, die Luftmenge 1·5 m^3 pro Minute. In der Zeche König Wilhelm bei Borbeck[3]) wurde durch Dämme das in einer Verwerfungskluft zusitzende Wasser aufgestaut und durch ein Rohr einem Rade von 1·5 m Durchmesser zugeleitet, welches durch 50fache Riemen-Umsetzung einen Ventilator betreibt. Der letztere saugt durch ein 20 m langes Rohr Luft aus dem frischen Wetterstrome und bläst sie durch ein 40 m langes Rohr an das Feldort der zu ventilirenden Strecke.

Mit einem Pelzer-Ventilator von 0·45 m Durchmesser, welcher von einem oberschlächtigen Wasserrade betrieben wird, ist eine Separatventilation auf der Grube Hedwigsbusch bei Biskupitz in Oberschlesien durchgeführt; auch ein Körting-Gebläse ist dazu verwendet.[4])

In einer Grube zu Steinebach[5]) kam ein hydraulischer Motor von Wyss & Studer zur Anwendung, der bei 50 m Druckhöhe bis 140 Spiele machen kann und auf jede Umdrehung 1 Liter Wasser verbraucht; das letztere wird dann von der Wasserhaltungsmaschine gehoben. Der Motor verrichtet 65 Touren und betreibt 2 Pelzer'sche Ventilatoren von 0·45 m Durchmesser und 1300 Umgängen, durch welche 2 Strecken von 220 und 250 m Länge, deren Feldörter beständig mit je 2 Mann belegt sind, sehr gut mit Luft versorgt werden. Ein ebenso grosser Pelzer-Ventilator wird in der Grube Mühlenbach bei Ehrenbreitstein[6]) durch eine Wassersäulenmaschine von 0·06 m Durchmesser und Hub, welche 160 Touren beschreibt, in Gang gesetzt; derselbe macht 1100 Umdrehungen und kann für 6 Mann auf 100 m Entfernung die genügende Luftmenge liefern. Auch am Bleibergbau Silistria, Revier Brühl-Unkel, werden solche Einrichtungen gebraucht.[7])

Elektrische Transmission, von Siemens & Halske hergestellt, zum Betrieb eines Ventilators von 1 m Durchmesser, der bei 388 Touren 3·5 m^3 Luft in der Secunde und 20 mm Depression gibt, findet sich zu

1) Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 299.
2) Ebendas. 1885, 33. Bd., S. 242.
3) Ebendas. 1887, 35. Bd., S. 260.
4) Ebendas. 1883, 31. Bd., S. 208.
5) Ebendas. 1886, 34. Bd., S. 264.
6) Savelsberg. Zeitschr. deutsch. Ing. 1884, 28. Bd., S. 881.
7) Preuss. Zeitschr. 1882, 26. Bd., S. 255.

Zaukeroda. Ebenso ist ein Ventilator von 0·52 m Durchmesser, mit 840 Touren, durch elektrische Transmission auf der Grube Ver. Mathilde zur Zufriedenheit im Betrieb.[1])

Sind bei dem Bergbau Compressoren vorhanden, so wird öfters auch Lufttransmission zum Betriebe des Ventilationsapparates verwendet. So hat man zu Blanzy[2]) kleinere Flügelräder im Gebrauch, welche, durch verdichtete Luft in Gang gesetzt, sammt der compendiös construirten Betriebsmaschine auf einem gemeinschaftlichen Gestelle befestigt und daher leicht zu transportiren sind. Sie enthalten 4 bis 6 Flügel, wirken meist blasend, verrichten gewöhnlich 300 bis 400 Touren und werden mit oder ohne Transmission ausgeführt, in welch' letzterem Falle aber auch die Betriebsmaschine eine grosse Umgangszahl verrichten muss. Ein Ventilator von 0·8 m Durchmesser ergab folgende Resultate:

Tourenzahl in 1 Min.	Depression mm Wasser	Luftmenge m^3 in 1 Sec.	Coëfficient m
313	12·5	0·460	1·32
430	20	0·644	1·44
514	34	0·805	1·32
687	60	0·920	1·32

Dabei hatte der Ventilator die Luft durch 23 m Saug- und 22·8 m Blaselutten aus Blech fortzubewegen.

1) Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 263, und 1887, 35. Bd., S. 261.
2) Mathet, Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 134.

III. Die sonstigen Wettermaschinen.

Schraubenventilatoren.

Wird eine schraubenförmig gewundene, an einer Welle feste Platte im widerstehenden Mittel (Luft oder Wasser) um die Achse der Welle gedreht, so schreitet sie in der Richtung der letzteren fort und bildet in dieser Anwendung den bewegenden Theil der Schraubenschiffe. Ist die Welle in fixen Lagern drehbar, und bewegt sich das Medium parallel zur Achse, so wird die Schraube in Rotation versetzt; derartig erfolgt der Betrieb der Windmühlen und der Henschel-(Jonval-)Turbinen, deren Flügel oder Schaufeln nach Theilen von Schraubenflächen gekrümmt sind. Wenn endlich die in festen Lagern laufende Welle von einer Kraftmaschine gedreht wird, so bewegt sie das Medium parallel zur Welle fort; dies ist das Princip der Schraubenpumpen und Schraubenventilatoren.

Die Schraube muss bei den letzteren in ein rundes Gehäuse *g* (Fig. 209) eingeschlossen werden. Setzt man das Gehäuse einerseits (rechts) durch einen Kanal mit der Wetterstrecke, andererseits mit der freien Luft in Verbindung, und dreht die Schraube derart, dass die vordere Kante *ab* sich abwärts bewegt, so wird jeder Lufttheil *n* gegen die Mündung des Gehäuses bewegt und der Apparat wirkt als saugender Grubenventilator. Dreht man die Schraube nach der anderen Seite, so wird die Maschine zu einer blasenden.

Die Fortschiebung der Lufttheile bewirkt, dass die Spannung beim Austritt von der Schraube grösser ist als beim Eintritt in dieselbe. Die Erhöhung der Spannung ist am Umfang der Schraube grösser als in der Nähe der Achse, weil die Lufttheile nebst der Bewegung parallel zur Achse eine von der Flügelform abhängige rotirende Bewegung erhalten und infolge der Trägheit nach aussen gedrängt werden. Die Spannung nächst der Achse ist daher so gering, dass Luft aus dem Blase- in den Saugraum zurückströmen kann. Dieser Uebelstand wird herabgesetzt, wenn die Schraube eine Welle von grösserem Durchmesser besitzt, weil

dann die Lufttheile auch nächst dem Umfange der Welle den genügenden Impuls erhalten, um nicht zurückgetrieben zu werden. Der Vorschlag, die Construction in dieser Art zu verbessern, stammt von Combes.

Bei grösserer Steigung des Schraubenganges wird ferner das Rad, parallel zur Achse gemessen, zu breit, wenn die Schraubenfläche eine ganze Windung oder deren mehrere erhält. Es genügen aber Flügel oder Schaufeln, die blos Theile einer Schraubenfläche darstellen und in hinreichender Zahl längs des Umfanges der Welle anzuordnen sind, damit sie alle Lufttheile in möglichst gleichartige Bewegung versetzen.

Durch diese Modificationen erhält der bewegte Theil des Ventilators, ähnlich dem Laufrade einer Turbine, die in der Ansicht Fig. 208 und im Schnitt durch die Achse Fig. 207 dargestellte Form. Hierin ist *a* eine Scheibe, welche mittels Nabe auf der Welle *s* befestigt wird und an deren Rande sich die cylindrische Wand *c* befindet; diese stellt die Spindel dar, an deren Aussenseite die Flügel sich anschliessen. Durch einen Einlaufkegel *k* wird der todte Raum hinter dem Laufrade ausgefüllt und eine allmälige Geschwindigkeitsänderung der Luft erzielt. Fig. 210 ist ein Theil der Seitenansicht, in welcher die äusseren Ränder *mn* der Flügel erscheinen.

Bei der Berechnung dieser Ventilatoren sind soviel als thunlich die gleichen Bezeichnungen angewendet, wie bei den Centrifugalventilatoren.

Radhalbmesser. Was zuerst die Radhalbmesser R und r (Fig. 207) betrifft, so strömt die Luft aus dem Saugrohre mit einer Geschwindigkeit U_1 parallel zur Achse des Rades dem letzteren zu; ist daher M die Luftmenge in der Secunde, so wird

$$M = (R^2 - r^2)\,\pi\, U_1,$$

und wenn man den kleineren Radhalbmesser

$$(86) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad r = \varphi R$$

setzt, ergibt sich

$$M = (1 - \varphi^2)\, R^2 \pi\, U_1.$$

Hieraus folgt der grössere Radhalbmesser

$$(87) \quad \ldots\ldots \quad R = \sqrt{\frac{M}{(1 - \varphi^2)\,\pi\, U_1}},$$

in welcher Gleichung, um R berechnen zu können, φ und U_1 zu wählen sind.

Eintrittswinkel, Umgangszahl. Es seien Fig. 204 *AB* und *CD* zwei benachbarte Flügel in einem durch die Mitte der radialen Flügeldimension geführten cylindrischen Schnitte. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft an der Seite *AC* in das Rad eintritt, muss gleich U_1 und parallel zur Achse des Rades sein, wenn der Eintritt ohne Stoss

erfolgen soll. Dieselbe lässt sich in die Peripheriegeschwindigkeit v und in die relative u_1, deren Richtung den Flügel CD im Punkte C berührt, zerlegen. Bezeichnet α_1 den Winkel, den u_1, also auch die Tangente des ersten Flügelelementes mit der Richtung der Radachse einschliesst, so ergibt sich aus der Figur

$$(88) \quad \tang \alpha_1 = \frac{v}{U_1},$$

durch welche Gleichung die Richtung des ersten Flügelelementes bestimmt ist. Der Werth von v wird unten berechnet.

Sei ferner n die Zahl Umgänge des Rades pro Minute, so ist der Weg, den die Flügelschnitte AB oder CD in 1 Minute zurücklegen,

$$60\,v = 2\,\frac{R+r}{2}\,\pi\,n = (1+\varphi)\,R\,\pi\,n.$$

Hieraus folgt die Zahl Umgänge in 1 Minute

$$(89) \quad n = \frac{60}{\pi(1+\varphi)}\,\frac{v}{R}.$$

Grundgleichung für die Bewegung der Luft. Die Flügel schliessen Kanäle zwischen sich ein, deren radiale Breite constant und dem Unterschied des äusseren und inneren Halbmessers R und r der Flügel gleich ist. Wenn $R - r$ im Vergleich zum mittleren Halbmesser $\frac{R+r}{2}$ nicht gross ist, darf rücksichtlich der Bewegung der Luft durch die Kanäle angenommen werden, dass die in einer beliebigen, auf die Kanalachse senkrechten Schicht enthaltenen Lufttheile durchaus gleiche, und zwar diejenige Spannung und Geschwindigkeit besitzen, welche in der mittleren Entfernung $\frac{R+r}{2}$ von der Achse vorhanden ist. Sei nun an einem beliebigen in dieser Entfernung befindlichen Punkte p die Pressung, u die längs der Kanalachse gerichtete (relative) Geschwindigkeit, δ das specifische Gewicht der Luft, v die Umfangsgeschwindigkeit, so ergibt die Theorie der Bewegung der Luft durch einen rotirenden Kanal bei Vernachlässigung der Nebenhindernisse und des Gewichtes der Luft die zu (15) analoge Näherungsgleichung

$$u^2 - v^2 + \frac{2\,g\,p}{\delta} = \text{Const.}$$

Diese gilt auch für die Bewegung durch ein ruhendes Rohr; dann ist u zugleich die absolute Geschwindigkeit und $v = 0$. Dieselbe ist ferner für einen Kanal entwickelt, dessen Querschnittsmittelpunkte in verschiedener Entfernung von der Drehungsachse liegen, daher verschiedene Umfangsgeschwindigkeiten v besitzen. Da v als constant und

gleich der in der Entfernung $\frac{R+r}{2}$ von der Achse vorhandenen Geschwindigkeit angenommen wurde, kann man setzen

$$u^2 + \frac{2\,g\,p}{\delta} = C,$$

worin C eine andere Constante bedeutet.

Sind u_1 und p_1 die relative Geschwindigkeit und die Pressung beim Eintritt in das Rad, u_2 und p_2 beim Austritt von demselben, so hat man, da δ als constant betrachtet werden darf,

$$u_1{}^2 + \frac{2\,g\,p_1}{\delta} = C,$$

$$u_2{}^2 + \frac{2\,g\,p_2}{\delta} = C,$$

$$u_1{}^2 - u_2{}^2 = \frac{2\,g}{\delta}(p_2 - p_1).$$

Sind ferner h_1 und h_2 die den Pressungen p_1 und p_2 entsprechenden Manometerhöhen, γ das specifische Gewicht der manometrischen Flüssigkeit, so wird

$$p_2 - p_1 = (b + h_2)\,\gamma - (b + h_1)\,\gamma = (h_2 - h_1)\,\gamma,$$

$$u_1{}^2 - u_2{}^2 = \frac{2\,g\,\gamma}{\delta}\,(h_2 - h_1),$$

(90) $$h_2 - h_1 = \frac{\delta}{2\,g\,\gamma}\,(u_1{}^2 - u_2{}^2) = A\,(u_1{}^2 - u_2{}^2),$$

wenn man der Kürze wegen

(91) $$\frac{\delta}{2\,g\,\gamma} = \frac{1{\cdot}25}{2\,.\,9{\cdot}809\,.\,1000} = \frac{1}{15\,700} = A$$

setzt. Aus dem Geschwindigkeitsdreieck in Fig. 204 folgt

(92) $$u_1{}^2 = U_1{}^2 + v^2;$$

ferner ist, da der Ein- und Austrittsquerschnitt des Rades gleich gross sind, die achsial gerichtete Austrittsgeschwindigkeit $u_2 \cos \alpha_2$ gleich der ebenso gerichteten Eintrittsgeschwindigkeit U_1, also

$$u_2 \cos \alpha_2 = U_1,$$

(93) $$u_2 = \frac{U_1}{\cos \alpha_2},$$

wobei α_2 den Winkel des Flügelendes D gegen die Achse bedeutet, und wenn man (92) und (93) in (90) einsetzt, erhält man

(94) $$h_2 - h_1 = A\left(U_1{}^2 + v^2 - \frac{U_1{}^2}{\cos \alpha_2{}^2}\right)$$

(95) $$h_2 - h_1 = A\,(v^2 - U_1{}^2 \tan \alpha_2{}^2).$$

Wenn die Luft mit einer absoluten Geschwindigkeit U_2 vom Ventilatorrad ins Freie abströmt, ergibt sich dadurch ein der lebendigen Kraft derselben entsprechender Effectverlust. Um diesen herabzusetzen, kann man U_2 entweder durch entsprechende Flügelform oder durch Anwendung eines Leitrades vermindern. Wie bei Centrifugalventilatoren ist ferner eine kleine Umfangsgeschwindigkeit v wünschenswerth.

Verminderung der Austrittsgeschwindigkeit durch entsprechende Flügelform. Diese Geschwindigkeit erhält ihren geringsten Werth, wenn sie parallel zur Drehungsachse gerichtet ist, d. h. wenn der Winkel β_1 (Fig. 204), den U_2 mit der Radachse einschliesst, gleich Null ist, denn dann wird der Querschnitt des austretenden Luftstromes gleich $(R^2 - r^2)\,\pi$, bei jeder anderen Richtung dagegen kleiner. Da nun auch der in das Rad eintretende Luftstrom den obigen Querschnitt besitzt, so sind unter dieser Annahme offenbar die absolute Ein- und Austrittsgeschwindigkeit U_1 und U_2 gleich. Zerlegt man U_2 in die Peripheriegeschwindigkeit v und die relative Geschwindigkeit u_2, so erscheinen für $\beta_1 = 0^0$ in den Geschwindigkeitsdreiecken an der Ein- und Austrittsseite die gleichen Katheten v und $U_2 = U_1$, diese Dreiecke sind daher congruent und mithin auch $\alpha_2 = \alpha_1$ und $u_2 = u_1$. Für den cylindrischen Flügelschnitt CD ergibt sich daher die Form einer Schraubenlinie mit constanter Steigung, und die Luft bewegt sich auf ihrem Wege durch das Rad stets parallel zur Achse. Bei der Bewegung der Luft durch Ein- und Austrittsrohr bleibe deren effective Druckhöhe ungeändert. Ist daher U_0 die Geschwindigkeit und h die Depressions- oder $-h$ die Pressungshöhe im Saugrohr, U_3 die Geschwindigkeit der das Austrittsrohr verlassenden Luft, deren Pressung gleich Null ist, so wird unter Einführung des Werthes (91)

$$h_1 + A\,U_1^2 = -h + A\,U_0^2,$$

$$h_2 + A\,U_2^2 = 0 + A\,U_3^2,$$

$$(96) \quad \ldots \quad h_2 - h_1 = h + A(U_3^2 - U_0^2 - U_2^2 + U_1^2).$$

Nun sind U_3 und U_0 gleich oder wenig verschieden und jedenfalls verhältnissmässig klein, und da nach dem Obigen $U_2 = U_1$ ist, wird

$$h_2 - h_1 = h.$$

Substituirt man diesen Werth und $\alpha_2 = \alpha_1$ in (95), so ergibt sich

$$h = A(v^2 - U_1^2 \, tang\, \alpha_1^2).$$

Aus Fig. 204 folgt aber

$$(97) \quad \ldots\ldots \quad v = U_1 \, tang\, \alpha_1$$

und daher wird

$$h = 0,$$

d. h. der Ventilator bringt theoretisch auch keinen Pressungsunter-

schied hervor. Der Zustand der Luft bleibt mithin beim Durchgange durch das Rad ganz ungeändert, die Flügel wirken gar nicht auf die Luft ein, der Winkel $\alpha_1 = \alpha_2$ ist gleichgültig. Dieser Fall lässt sich durch die ideelle Skizze Fig. 218 darstellen, wobei die Ein- und Austrittsseite des Ventilatorrades r durch ein Rohr R in Verbindung gesetzt sind; wird der Luft im Rohre R, eine beliebige Geschwindigkeit U_1 und dem Rade die durch (97) ausgedrückte Umfangsgeschwindigkeit v ertheilt, bei welcher die Luft ohne Stoss in dasselbe eintritt, so würde die Luftströmung, wenn sie keine Nebenhindernisse zu überwinden hätte, ununterbrochen fortdauern, die Kraftmaschine blos die Nebenwiderstände gegen die Drehung des Rades r zu bewältigen haben. Da aber der Bewegung der Luft die Reibung entgegenwirkt, wird ihre Geschwindigkeit abnehmen, daher bei gleichbleibender Umfangsgeschwindigkeit des Rades die Luft beim Eintritt in dasselbe einen Stoss, d. h. eine plötzliche Geschwindigkeits- und Pressungsänderung erleiden, und der Beharrungszustand erst eintreten, bis die Wirkung dieses Stosses so gross geworden ist, dass sie die durch die Nebenhindernisse verloren gehende lebendige Kraft ersetzt.

Aehnlich wirkt nun der Apparat, wenn er als saugende Wettermaschine benützt wird, wobei das Verbindungsrohr R wegfällt, daher nebst der durch die Reibung consumirten noch die der Geschwindigkeit der Luft entsprechende Arbeit zu leisten ist, welche beim Austritt von der Maschine verloren geht; auch diese wird der Luft nur durch Stosswirkung mitgetheilt. Bei fehlendem Auslaufkegel ergeben sich nahe dieselben Resultate.

In der That sind Schraubenventilatoren von der beschriebenen Construction aufgestellt. Die Berechnung derselben wird jedoch hier übergangen, weil die anderen einen höheren Wirkungsgrad ergeben, eine kleinere Umfangsgeschwindigkeit verlangen und die Austrittsgeschwindigkeit der Luft ebenfalls bis auf U_0 oder noch weiter herabzusetzen gestatten.

Verminderung der Austrittsgeschwindigkeit durch ein Leitrad. Die zweite Einrichtung, um die Geschwindigkeit U_2 herabzusetzen, besteht in der Anwendung eines Leitrades, dessen Flügel BF und DG (Fig. 204) derart gekrümmt sind, dass ihre ersten Elemente bei B und D mit der absoluten Austrittsgeschwindigkeit U_2 gleiche Richtung besitzen, daher der Eintritt der Luft in das Leitrad ohne Stoss erfolgt, während die letzten Elemente F und G senkrecht zur Radebene stehen, so dass die Luft parallel zur Achse des Rades, also mit der geringsten Geschwindigkeit U_2 austritt, vorausgesetzt, dass der Flügelraum des Leitrades denselben Querschnitt $(R^2 - r^2)\,\pi$ besitzt, wie der des Laufrades. Durch

Erweiterung des Leitrades gegen die Austrittsseite kann diese Geschwindigkeit noch weiter auf einen Werth U_3 vermindert werden, der von der Geschwindigkeit U_0 im Saugrohr wenig verschieden ist, so dass sich nach (96)

$$h_2 - h_1 \doteq h - A\,(U_2^2 - U_1^2)$$

und durch Substitution in (94)

$$h - A\,(U_2^2 - U_1^2) = A\left(U_1^2 + v^2 - \frac{U_1^2}{\cos\alpha_2^2}\right),$$

$$(98) \quad \ldots \ldots \quad h = A\left(v^2 + U_2^2 - \frac{U_1^2}{\cos\alpha_2^2}\right)$$

ergibt. Nach Fig. 204 ist

$$U_2^2 = v^2 + u_2^2 - 2\,u_2\,v\cos(90 - \alpha_2),$$

daher

$$v^2 + U_2^2 = u_2^2 + 2\,v^2 - 2\,u_2\,v\sin\alpha_2,$$

und durch Substitution dieses Werthes in (98) folgt

$$h = A\left(u_2^2 + 2\,v^2 - 2\,u_2\,v\sin\alpha_2 - \frac{U_1^2}{\cos\alpha_2^2}\right).$$

Da die zur Achse parallele Geschwindigkeit der Luft

$$u_2\cos\alpha_2 = U_1,\ u_2 = \frac{U_1}{\cos\alpha_2}$$

ist, folgt weiter

$$h = A\,(2\,v^2 - 2\,v\,U_1\,tang\,\alpha_2),$$

$$v^2 - v\,U_1\,tang\,\alpha_2 = \frac{h}{2\,A}$$

und hieraus ergibt sich nach Substitution des Werthes (91) von A

$$(99) \quad \ldots \quad v = \frac{U_1\,tang\,\alpha_2}{2} + \sqrt{\frac{U_1^2\,tang\,\alpha_2^2}{4} + 7850\,h}.$$

Die Umfangsgeschwindigkeit v wird nun herabgesetzt, wenn man

$$\alpha_2 \leqq 0$$

annimmt, d. h. die Flügel radial auslaufen lässt oder vorwärts krümmt. Doch sollte letzteres nur in beschränktem Maasse stattfinden, da sonst die absolute Austrittsgeschwindigkeit U_2 zu gross wird. Für $\alpha_2 = 0$ wird

$$(100) \quad \ldots \ldots \quad v = \sqrt{7850\,h}.$$

Ist kein Leitrad vorhanden und strömt die Luft aus dem Ventilatorrad direct ins Freie, so wird $U_3 = U_2$, daher nach (96) und (94)

$$h_2 - h_1 = h + A\,(U_1^2 - U_0^2),$$

$$h + A\,(U_1^2 - U_0^2) = A\left(U_1^2 + v^2 - \frac{U_1^2}{\cos\alpha_2^2}\right),$$

und wenn man U_0 vernachlässigt,

$$h = A\left(v^2 - \frac{U_1^{\,2}}{\cos\alpha_2^{\,2}}\right)$$

und wegen des Werthes (91) von A

$$(101) \quad \ldots\ldots \quad v = \sqrt{15\,700\,h + \frac{U_1^{\,2}}{\cos\alpha_2^{\,2}}},$$

mithin mehr als doppelt so gross, als bei Vorhandensein eines Leitrades.

Wegen der Nebenhindernisse gegen die Bewegung der Luft muss die Umfangsgeschwindigkeit wieder auf das $m$fache gesteigert werden, um die gegebene Depression h zu erhalten.

Statt des Leitrades könnte auch ein Auslaufkegel verwendet werden, wobei sich die Lufttheile in Schraubenlinien durch den Auslaufraum fortbewegen würden; ihre Abströmung wird aber dann nicht so gut regulirt, als durch das Leitrad, welches denselben die Bewegung parallel zur Achse ertheilt. Dagegen ist es für den Effect vortheilhaft, nebst dem Leitrad noch einen Auslaufkegel herzustellen, nur wird die Anbringung des Wellenlagers dadurch erschwert.

Was die Construction des Leitrades betrifft, so sollen dessen Flügel nach dem Gesagten bei F und G (Fig. 204) parallel zur Achse auslaufen, am Anfange aber, bei B und D, die Richtung der absoluten Austrittsgeschwindigkeit U_2 besitzen, daher einen Winkel β_1 gegen die Achse einschliessen, welcher sich, da die achsiale Geschwindigkeitscomponente DE gleich U_1 ist, aus

$$v = U_1 \tang \beta_1 + U_1 \tang \alpha_2 = U_1 \tang \alpha_1,$$

$$(102) \quad \ldots\ldots \quad \tang \beta_1 = \tang \alpha_1 - \tang \alpha_2$$

ergibt. Für parallel zur Achse auslaufende Radflügel wird $\alpha_2 = 0$, daher

$$(103) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \beta_1 = \alpha_1.$$

Wahl der willkürlichen Grössen. Die Breite b_1 des Laufrades, parallel zur Achse gemessen, soll nicht zu gering sein, damit die Geschwindigkeitsänderung der Luft nicht auf einem zu kurzen Wege erfolgen muss. Man kann dieselbe etwa gleich der Hälfte des äusseren Halbmessers R nehmen. Da im Leitrade dieselbe Geschwindigkeitsänderung wie im Laufrad stattfindet, wäre dessen Breite b_2 ebenso gross, daher

$$(104) \quad \ldots\ldots\ldots \quad b_1 = b_2 = 0{\cdot}5\,R$$

zu setzen. Was das Verhältniss φ zwischen innerem und äusserem Radhalbmesser betrifft, so ist ein kleiner Werth desselben vortheilhaft, weil dabei nach (87) R kleiner wird; dagegen wächst dann nach (89) die Umgangszahl n und wird der Unterschied der Spannungen an der äusseren und inneren Radperipherie grösser. Es soll

(105) . . . . $\varphi = \frac{2}{3} = 0{\cdot}667,$

ferner der Coëfficient für die Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit

(106) . . . . $m = 1{\cdot}3$ bis $1{\cdot}5$

und die Eintrittsgeschwindigkeit U_1 wie bei Centrifugalventilatoren

$$U_1 \overline{\overline{<}} 10\,\text{m}$$

genommen werden.

Die Zahl der Flügel muss gross genug sein, dass die Luft beim Durchgange durch die Radkanäle gehörig geleitet wird; doch sollen letztere nirgends eine zu geringe Weite erhalten, weil sonst die Reibung der Luft und die Querschnittsverengung durch die Schaufeldicke zu gross wird. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Weite der Radkanäle bei grösserem α_1 abnimmt, und dass sie am inneren Umfange des Rades kleiner ist als am mittleren. Da die Leit- und Radkanäle dieselbe Form besitzen, kann die Zahl z Flügel beim Leit- und Laufrade gleich gross genommen werden.

Die Krümmung der Flügel ist eine beliebige, nur soll dieselbe eine allmälige sein, damit plötzliche Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen der Luft vermieden werden. Die einfachste ist die Kreisform; für diese ergibt sich bei parallel zur Achse auslaufenden Flügeln der Halbmesser der Radflügel aus

$$b_1 = \varrho_1 \cos(90 - \alpha_1),$$

$$\varrho_1 = \frac{b_1}{\sin \alpha_1}$$

und der Halbmesser der Leitflügel

$$\varrho_2 = \frac{b_2}{\sin \beta_1}.$$

Formeln zur Berechnung. In den unten stehenden Formeln erscheinen folgende Grössen, für welche der Meter als Einheit gilt:

M Luftmenge in der Secunde;
h Depression in Metern Wasser;
U_1 Eintrittsgeschwindigkeit der Luft;
R äusserer Radhalbmesser;
r innerer „
m Coëfficient für die Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit;
v mittlere Umfangsgeschwindigkeit;
n Tourenzahl in der Minute;
α_1 Winkel der Radflügel gegen die Achse an der Eintrittsseite;
β_1 Winkel der Leitflügel gegen die Achse an der Eintrittsseite;
b_1 Breite des Ventilatorrades;
b_2 „ „ Laufrades.

Für achsial auslaufende Radflügel, also $\alpha_2 = 0$ und für $\varphi = \frac{r}{R} = \frac{2}{3}$ ergeben sich folgende Ausdrücke zur Berechnung:

$$U_1 \overline{\overline{<}} 10 \text{ m};$$

(87) . . . . . . $R = 0{\cdot}76 \sqrt{\frac{M}{U_1}}$;

(86) . . . . $r = \frac{2}{3} R$;

(106) . . . . $m = 1{\cdot}3$ bis $1{\cdot}5$;

(100) . . . . $v = m \sqrt{7850\, h}$;

(89) . . . . $n = 11{\cdot}46 \frac{v}{R}$;

(88) . . . . $tang\ \alpha_1 = \frac{v}{U_1}$;

(103) . . . . $\beta_1 = \alpha_1$;

(104) . . . . $b_1 = b_2 = 0{\cdot}5\, R$.

Beispiele. 1) Es sei die Luftmenge $M = 7\ m^3$ in der Secunde anzusaugen und eine Depression gleich 0·04 m zu erzeugen. Nimmt man $U_1 = 8$ m und $m = 1{\cdot}5$, so ergibt sich

$$R = 0{\cdot}76 \sqrt{\frac{7}{8}} = 0{\cdot}71 \text{ m},$$
$$r = 0{\cdot}667 . 0{\cdot}71 = 0{\cdot}47 \text{ m},$$
$$v = 1{\cdot}5 \sqrt{7850 . 0{\cdot}04} = 26{\cdot}5 \text{ m},$$
$$n = 11{\cdot}46 \frac{26{\cdot}5}{0{\cdot}71} = 427,$$

wofür $n = 400$, daher $v = 25$ m genommen werden kann;

$$tang\ \alpha_1 = \frac{25}{8} = 3{\cdot}125,\ \alpha_1 = 75^0,$$
$$\beta_1 = 75^0,$$
$$b_1 = b_2 = 0{\cdot}5 . 0{\cdot}71 = 0{\cdot}35 \text{ m}.$$

Die Flügelzahl kann gleich 18 genommen werden, wobei der längs des mittleren Radumfanges gemessene Abstand zweier Flügel gleich

$$\frac{2 . 0{\cdot}71 . \pi}{18} = 0{\cdot}248 \text{ m},$$

daher der Abstand der Flügel-Tangenten an der Eintrittsseite des Lauf- wie des Leitrades gleich

$$0{\cdot}248\ sin\ (90 - \alpha_1) = 0{\cdot}248\ sin\ 15^0 = 0{\cdot}064 \text{ m}$$

wird. Wegen der Krümmung der Flügel ergibt sich jedoch die wirkliche Kanalweite bedeutend grösser.

Die reine Leistung ist

$$E = \frac{Mh\gamma}{75} = \frac{7 . 0{\cdot}04 . 1000}{75} = 3{\cdot}73 \text{ Pferdekr.},$$

wofür man zur Sicherheit eine Expansionsmaschine nehmen wird, welche bei Volldruck etwa 12 Pferdekr. leisten kann.

2) Zum Vergleich mit dem auf S. 33 berechneten Centrifugalventilator sollen die Dimensionen eines Schraubenventilators ermittelt werden, der die Luftmenge $M = 50\,m^3$ in der Secunde und die Depression $h = 0{\cdot}15$ m Wasser ergibt. Man erhält dabei aus den obigen Formeln, wenn man m wie beim Centrifugalventilator nur gleich 1·25 setzt, und die Geschwindigkeit U_1 so annimmt, dass der äussere Radhalbmesser wie dort gleich 2 m wird, folgende Werthe:

$$U_1 = 7{\cdot}22\text{ m};$$
$$R = 2\text{ m};$$
$$r = 1{\cdot}33\text{ m};$$
$$v = 42{\cdot}9\text{ m};$$
$$n = \text{rund } 250;$$
$$tang\ \alpha_1 = 5{\cdot}94;$$
$$\alpha_1 = \beta_1 = 80^0\ 30';$$
$$b_1 = b_2 = 1\text{ m}.$$

Nimmt man wieder 18 Flügel, so wird der an der mittleren Peripherie gemessene Abstand zweier Flügelenden gleich 0·7 m und der mittlere Abstand der Flügel-Tangenten an der Eintrittsseite der Räder $0{\cdot}7\ sin\ (90 - \alpha_1) = 0{\cdot}115$ m.

Construction der Schraubenventilatoren. Einen nach den Dimensionen, welche im obigen Beispiel 1) berechnet wurden, entworfenen Ventilator zeigen Fig. 242 in der Ansicht und Fig. 243 im Verticalschnitte. Darin sind *a* das Lauf-, *b* das Leitrad, *k* der Einlaufkegel, *r* die zum Betrieb dienende Riemenscheibe, *l* und *m* die beiden Lager der Welle, von welchen *l* auf einem an das Leitrad angegossenen Träger, *m* sowie das mit einer angegossenen Fussplatte versehene Leitrad selbst zwischen Nasen der Grundplatte *p* verkeilt sind. Das Laufrad bewegt sich innerhalb des ausgebohrten Cylinders *n*, welcher die Fortsetzung des das Leitrad umgebenden Mantels bildet und in die cylindrische Mündung des gemauerten Saugkanales eingeschoben ist. Rings um das Leitrad läuft die Flansche *f*; die Fuge zwischen derselben und der Mauer ist mit Kitt oder Cement zu dichten. Der Einlaufkegel *k* wird beiderseits durch je zwei daran befestigte oder angegossene Platten *q*, welche in das Mauerwerk des Saugkanales eingreifen, gestützt. Auch kann man den Kegel *k* auf einem unten angegossenen Ständer ruhen lassen, nur sind diese Theile so zu construiren, dass sie die Bewegung der Luft möglichst wenig hindern. Fig. 244 zeigt die Grundplatte *p*, Fig. 245 die Schaufelung der beiden Räder. [1])

Soll die Abnutzung der Lagerschalen geringer werden, so müssen dieselben eine grössere Länge erhalten; auch kann man an der dem Laufrade zugekehrten Seite des Lagers *l* die Borde der Lagerschalen, an der anderen Seite die Verstärkung der Welle weglassen, um die untere Lagerschale leicht auszuwechseln; dann wäre ähnlich, wie beim Rit-

---

1) In Fig. 245 ist 15^0 statt $20^0\ 40'$ einzusetzen.

tinger'schen Centrifugalventilator, eine Vorrichtung anzubringen, mittels welcher die Achse horizontal verschoben und festgestellt werden kann.

Bei grossem Durchmesser wird das Rad und der Leitapparat aus Blech herzustellen sein. Auch kann man dann das Lager l auf die andere Seite des Laufrades, in den Einlaufkegel verlegen, wobei nur der Vortheil verloren geht, dass beide Lager der Welle auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte ruhen.

Vergleicht man den oben unter 2) behandelten Schraubenventilator mit dem auf S. 33 für gleiche Luftmenge und Depression berechneten Centrifugalventilator, so stellen sich deren Dimensionen folgendermassen heraus:

	Centrifugal-Ventilator.	Schrauben-Ventilator.
Aeusserer Halbmesser	2	2
Innerer "	1·15	1·33
Breite	0·9	1
Winkel α_1	72° 30′	80° 30′
Umgangszahl	210	250
Eintrittsgeschwindigkeit U_1	8	7·22.

Die Tourenzahl ergibt sich beim Schraubenventilator grösser, weil dort der mittlere Radumfang die durch (100) ausgedrückte Geschwindigkeit besitzen muss, welche beim Centrifugalventilator nach (30) für den äusseren Radumfang nothwendig ist. Der Winkel α_1 wird bei Schraubenflügeln grösser, dagegen bei gleichem äusserem Halbmesser die mittlere Eintrittsgeschwindigkeit U_1 kleiner. Der Einbau wird dadurch einfacher, dass die Luft den Ventilator in derselben Richtung verlässt, mit welcher sie in denselben eingetreten ist; an Stelle des Gehäuses und Schlotes tritt das Leitrad, welches allerdings den Zweck nicht so gut erfüllen wird. Die Schraubenventilatoren haben jedoch immerhin Anspruch auf nähere Prüfung und können bei weiterer Vervollkommnung günstige Resultate ergeben.

Mit Leitrad wurden bisher nur Ventilatoren nach Heger's Princip ausgeführt; die sonstigen theilen sich in die älteren, mit wenig Flügeln, welche stärkere Neigung gegen die Achse besitzen und einen grösseren Theil eines Schraubenganges bilden, wie die von Motte, Combes u. s. w., dann die meist neueren mit einer grösseren Zahl weniger ausgedehnter Flügel, und zwar die früher von Lesoinne, Davaine u. s. w. und die später von Dinnendahl und Kaselowsky ausgeführten.

Heger's Schraubenventilator. Die Schraubenventilatoren nach Art der Jonvalturbinen, mit ruhenden Leiträdern construirt, sind eine Erfindung des vormaligen Professors Heger in Wien, und es stehen meh-

rere derartige Ventilatoren im Betrieb, doch ist nur Weniges über deren Construction oder über Versuche mit denselben veröffentlicht.[1]) Einen zur Ventilation von öffentlichen Gebäuden bestimmten Heger'schen Ventilator zeigt Fig. 252. Bei demselben ist der Einlaufkegel *a* am Flügelrade *b* fest und rotirt mit demselben; *o* ist die zum Betriebe dienende Riemenscheibe, deren Riemen durch zwei im Saugrohre *s* angebrachte Schlitze geht. An das Leitrad *c* schliesst sich der Auslaufkegel *d*, der im Blaserohre *e* liegt. Die Lager für die Welle *w* der drehbaren Theile *abo* befinden sich an der Spitze des Auslaufkegels *d* und an dem im Saugrohr festen Kreuze *f*. Das Leitrad kann auch an der entgegengesetzten Seite des Laufrades angebracht werden, und der allgemeinste Fall der Heger'schen Ventilatorconstruction ist der eines Laufrades mit zwei Leiträdern zu beiden Seiten. Selbstverständlich erfordern beide Modificationen eine geänderte Schaufelform; sie scheinen indessen keine Vortheile darzubieten, da die Anwendung zweier Leiträder den Apparat complicirter macht, bei der Anordnung Fig. 253 jedoch, wo die Luft zuerst das feste Leitrad *a*, dann das Laufrad *b* passirt, die Flügel des letzteren eine geringe Krümmung erhalten und daher wieder mehr durch Stoss wirken. Für diese Construction würde nur der Umstand sprechen, dass bei der Aufstellung nach Fig. 242 und 243 das Laufrad nicht am freien Ende der Welle zu liegen käme. Nach Versuchen soll der Heger'sche Ventilator einen Wirkungsgrad von 0·55 ergeben haben.

Nach einer neueren Mittheilung[2]) ist in einem Theater zu Frankfurt a. M. ein nach Heger's Berechnung und Zeichnung construirter Ventilator von 3·18 m äusserem und 2·12 m innerem Durchmesser aufgestellt, der bei 100 Touren 21·6 m^3 Luft in der Secunde liefert; hiernach ist die Geschwindigkeit U_1 nur ungefähr gleich 5 m. Derselbe arbeitet ganz geräuschlos.

Aeltere Apparate mit kleiner Flügelzahl. Die „pneumatische Schraube" von Motte enthält zwei Flügel aus Blech, deren jeder einen ganzen Schraubengang einnimmt, dessen Höhe gleich dem Durchmesser ist. Fig. 246 zeigt eine nach Combes' Vorschlag mit einer Spindel *k* von grösserem Durchmesser versehene Schraube mit nur einem Flügel.

Nach älteren Versuchen liefert die Motte'sche Schraube einen Wirkungsgrad von 0·17 bis 0·20. Spätere Versuche von Morin ergaben

---

1) Ueber Heger'sche Ventilatoren sind publicirt: ein Aufsatz in den Verhandlungen des Oesterr. Gewerbevereins 1862, S. 359, vom Oberst Libert de Paradis; die Skizze Fig. 252 in den Mittheilungen über die Londoner Ausstellung 1862, S. 73, von Rittinger; Bemerkungen von Gustav Schmidt in der Zeitschrift des Oesterr. Ingenieurvereines 1865, S. 202 und 1870, S. 21.

2) Wochenschr. deutsch. Ing. 1881, S. 375.

für einen Schraubenventilator mit einem Schraubengange nur 0·055 als höchsten Wirkungsgrad.

Pasquet's Schraubenventilator enthält 3 Flügel, deren jeder $^1/_3$ einer Schraubenwindung einnimmt.[1])

Glépin[2]) hat Versuche mit 3 Ventilatoren abgeführt, welche je 2 Flügel von etwas mehr als der Hälfte eines Schraubenganges und eine Spindel von kleinem Durchmesser enthielten. Die Resultate dieser Versuche gibt die folgende Tabelle an.

Ventilator zu	Durchmesser m	Breite m	Ganghöhe der Schraube m	Tourenzahl in 1 Min.	Depression mm Wasser	Luftmenge in 1 Sec. m³
Sauwartan . . .	1·4	0·8	1·46	{460 334	21·6 12·8	3·91 2·57
Monceau-Fontaine	0·8	0·45	0·8	750	6·5	2·15
Trieu-Kaisin . .	3	0·8	1·4	189	21·0	7·09

Aus den für einen Ventilator mit ringförmigem Flügelraume, radial auslaufenden Flügeln und mit Leitrad gültigen Formeln (100) und (89) würde sich im letzten der obigen Fälle die theoretische Tourenzahl, für welche $m = 1$ ist, nur gleich 82 ergeben, und wenn diese Ziffer auch in der Ausführung eine beträchtliche Steigerung erfordern sollte, wird sie doch weit unter der obigen 189 bleiben.

Der Wirkungsgrad der drei Apparate, d. i. das Verhältniss der reinen zu der an die Radachse übertragenen Arbeit ergab sich gleich 0·20 bis 0·24.

Später wurde bei dem Ventilator, welcher 3 m Durchmesser hatte, an der Austrittsseite eine die Spindel umgebende, mit dem Rade umlaufende Blechscheibe von 1·7 m Durchmesser befestigt, so dass für den Austritt der Luft nur die äussere Ringfläche von 0·65 m radialer Breite frei blieb, wodurch die Leistung thatsächlich erhöht wurde.

Devillez schlägt vor, an beiden Flächen des Rades Scheiben anzubringen, eine an der Saugseite, welche nur den mittleren Theil des Rades für den Eintritt der Luft offen lässt, und eine an der Blaseseite, in welcher vor den Enden der beiden Flügel radiale Spalte für den Austritt der Luft angebracht sind, welche sich aber vom Umfange an nur auf eine gewisse Länge gegen die Mitte zu erstrecken. Die Luft würde dann nächst der Achse ein- und am Umfange ausströmen, der Apparat in einen combinirten Schrauben- und Centrifugalventilator übergehen.

Aeltere Apparate mit grösserer Flügelzahl. Hierher gehören die Ventilatoren von Lesoinne. Ein solcher wurde auf der Grube Grand

1) Ponson's Steinkohlenbergbau, 2. Bd., S. 172.

2) Devillez, Ventilation des mines, S. 333 und 355.

Bac bei Lüttich aufgestellt; die Einrichtung desselben zeigen Fig. 230 und 231.[1]) Das Rad besteht aus einer Nabe und einem Kranze, durch Speichen verbunden, an welchen die Flügel *f* festgenietet sind; die freien Enden derselben werden durch Bolzen *a* mit dem Kranze verbunden, der letztere mittels Zugstangen *z* an der Rosette *r* aufgehängt. Das obere Lager der verticalen Welle wird durch die gusseisernen Streben *g* gestützt, welche an der ringförmigen, den Rand des Saugkanales *s* einfassenden Platte *k* befestigt sind. Der Betrieb erfolgt mittels Kegelräder *n* durch eine ausserhalb des Saugkanales befindliche stehende Dampfmaschine. Zwei Lesoinne'sche Ventilatoren waren noch vor nicht langer Zeit am Antonischacht der Carolinenzeche bei Witkowitz[2]) im Betrieb.

Der Lesoinne'sche Ventilator ergab bei älteren Versuchen einen Wirkungsgrad von 0·25 bis 0·26. Spätere Versuche von Morin zeigten für einen ähnlichen Apparat von Guérin mit 11 Flügeln einen Wirkungsgrad von nur 0·084.

Der Ventilator von Davaine[3]) Fig. 247 und 248 unterscheidet sich von den eben beschriebenen dadurch, dass seine Flügel nach derselben Fläche gekrümmt sind, welche scharfe Gewinde einer gewöhnlichen Schraube zeigen. Während nämlich bei den vorigen Ventilatoren, wie bei Schrauben mit flachen Gewinden, eine durch die Achse gelegte Ebene die Schraubenfläche in einer zur Achse senkrechten Geraden schneidet, ist diese Gerade hier unter 45^0 gegen die Achse geneigt. Ein Grund für die Abänderung wird nicht angegeben. Die vier Flügel *f* sind auf etwas mehr als $^1/_4$ des Umfanges ausgedehnt, so dass sie, wie die Seitenansicht Fig. 248 zeigt, sich etwas übergreifen; sie bestehen aus Holz und sind an den Enden durch einen mit Winkeleisen verstärkten Blechring *d* verbunden, der durch radiale Spannstangen gegen die Achse befestigt wird. Der Kern *c* besteht aus Gusseisen. Die Ganghöhe der Schraubenfläche beträgt 1 m, der Durchmesser des Ringes *d* 2·5 m, der zwischen letzterem und dem Kerne *c* bleibende Querschnitt, senkrecht zur Achse gemessen, 4 Quadratmeter; bei 312 und 500 Umgängen pro Minute ergaben sich 6·14 und 10·5 m^3 Luft in 1 Secunde, Depressionen von 3·4 und 8·1 cm Wasser, endlich die Wirkungsgrade 0·26 und 0·32.

Dinnendahl's Schraubenventilator. Ein Schraubenventilator mit grösserer Flügelzahl wurde von Dinnendahl's Fabrik für die Zeche

1) Ponson, das Material des Steinkohlenbergbaues, deutsch von Hartmann, S. 337.

2) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1870, Nr. 3.

3) Annales des mines 1860, 5. Reihe, 17. Bd., S. 425.

Hannover ausgeführt.[1]) Das Rad hat 2·5 m Durchmesser, 0·5 m Breite und 8 Flügel, welche am äusseren Umfang unter ungefähr 60° gegen die Achse geneigt sind; die letztere ist vertical, indem das Rad sich an der oberen Mündung des verticalen Endstückes des Saugkanales befindet. Der Betrieb erfolgt ohne Umsetzung durch eine Brotherhood'sche Dreicylindermaschine mit 0·25 m Cylinderdurchmesser und ebenso grossem Hub, 3 Atm. Dampfspannung und halber Füllung. Bei 120 Touren liefert der Ventilator 4·75 m^3 Luft in der Secunde und 0·015 mm Depression. Letztere Angabe muss jedoch bezweifelt werden, weil für diese Depression ein Ventilator ohne Leitrad von 2·5 m Durchmesser nach (101) und (89), wenn $\varphi = {}^2/_3$ ist, selbst bei Vernachlässigung von U_1 schon theoretisch eine Tourenzahl gleich 140 erfordert.

Kaselowsky's Schraubenventilator. Dieser Ventilator, der mehrfach für andere Zwecke benutzt wird, ist auch bei Gruben in Anwendung. Den auf der Zeche Borussia aufgestellten Apparat zeigen Fig. 254 und 255. Das Rad besteht aus der gusseisernen Nabe, 12 Blechflügeln und einem schmiedeisernen Kranze. An die Flügel sind nach der Detailzeichnung Fig. 256 und 257 Platten $p\,q$ befestigt, welche in Zapfen endigen, die einerseits in die Nabe, anderseits in den Ring am Umfange eingreifen. Die Flügel sind daher um ihre Längenachse drehbar, können beliebig gestellt und durch Schrauben s (Fig. 256) fixirt werden; sie schliessen einen Winkel von 60—70° mit der Radachse ein.

Eine selbstthätige Drehung der Flügel um deren Achse während des Ganges ist nicht zu besorgen, weil der auf einer Seite des Rades vorhandene Ueberdruck der Luft auf die beiden durch jene Achse geschiedenen Flügelhälften gleich stark wirkt. Eine Verschiebung des Rades in der Richtung der Achse ist dadurch verhütet, dass letztere innerhalb der Lager mit je einem in eine Vertiefung der Lagerschale eingreifenden Kranz versehen ist. Dagegen können die dünnen Flügel sich senkrecht zu ihrer Ebene biegen, wobei der Kranz eine kleine, gegen die Achse zugleich drehende und fortschreitende Bewegung ausführt, so dass jedes Element desselben einen Theil einer Schraubenlinie beschreibt; bei grösserem Pressungsunterschiede wäre dagegen durch Spannstangen zu helfen, deren zweckmässige Anordnung eine Verlängerung der Nabe des Rades oder einen breiteren Kranz desselben erfordern würde.

Das Rad befindet sich in einem an beiden Rändern mit Winkeleisen

1) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 2. Bd., S. 117. In einer Mittheilung über die Grubenventilation im Ruhrbecken gibt Ingenieur Bochet in Ann. des mines 1886, 10. Bd., S. 189 an, dass dieser Ventilator mit 7facher Umsetzung arbeite und daher 840 Touren verrichte, was nach Obigem auf einem Irrthum beruht.

armirten Blechrohre, und dieses ruht auf einem entsprechend geformten Ansatze der Fundamentplatte, auf welcher auch die beiden Ständer der Welle befestigt sind.

Den Einbau zeigen Fig. 258 und 259. Die Mauerung des Wetterkanales ist bis ober Tag geführt und oben luftdicht gedeckt; sie enthält eine Seitenöffnung, in welcher sich der das Rad einschliessende Blechcylinder befindet. Der Raum um den letzteren muss luftdicht vermauert werden.

Der Ventilator ist seit 1877 beständig im Gang. Derselbe hat 2·5 m Durchmesser, saugt die Luft aus einem Schacht von 4 m^2 Querschnitt und wird von einer Dampfmaschine (einer alten für diesen Zweck adaptirten Zwillingsmaschine) betrieben, welche die Bewegung durch ein Riemenvorgelege mit 6·55facher Umsetzung auf die Ventilatorwelle überträgt. Bei 400 Touren ergaben sich 13·33 m^3 Luft in der Secunde und 23 mm Wasser Depression; dies entspricht einer reinen Leistung von 4·1 Pferdekräften.[1]) Nach einer anderen Angabe[2]) erhielt man bei 234 bis 300 Touren eine Depression von 35 bis 38 mm Wasser, also ein viel günstigeres Resultat.

Andere solche Wetterräder sind auf der Grube Siebenplaneten bei Dortmund und auf den Borsig'schen Kohlengruben bei Biskupitz in Oberschlesien im Gebrauch. Sind die Leistungen derselben auch geringere, so zeigen sie andererseits eine sehr einfache Construction.

Aehnlich wie für Centrifugalventilatoren wird auch für Schraubenventilatoren der Betrieb durch Wasserkraft ohne Umsetzung vorgeschlagen, und zwar derart, dass am Flügelrade selbst Schaufeln zu befestigen wären, gegen welche das Kraftwasser strömt.[3])

Strahlapparate.

Der zum Fortbewegen der Luft erforderliche Spannungsunterschied kann auch dadurch erzeugt werden, dass man Wasser, Dampf oder verdichtete Luft durch eine Röhre strömen lässt, in deren Wand sich Saugöffnungen befinden. Die Spannung, welche im Inneren des Rohres herrscht, steht im umgekehrten Verhältnisse zur Geschwindigkeit des Durchströmens und wird von einem bestimmten Werthe der Geschwindigkeit an kleiner als der Druck ausserhalb des Rohres, so dass durch die Saugöffnungen Luft einströmt, von der bewegenden Substanz mitgeführt

1) Nach Hrn. Kaselowsky's Angabe.

2) Anlagen zum Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 2. Bd., S. 122.

3) v. Nedden, Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 703. — Uhland's Maschinen-Constructeur 1881, 14. Bd., S. 333.

wird und mit dieser gemengt am Ende der Röhre austritt. Werden die Saugöffnungen mit der äusseren oder mit der einfallenden frischen Luft, das offene Rohrende mit dem zu ventilirenden Raume in Verbindung gesetzt, so wirkt die Vorrichtung blasend. Wenn dagegen durch die Saugöffnungen die verdorbene Grubenluft ein- und am Rohrende ins Freie ausströmt, hat man einen saugenden Apparat.

Dieses Princip ist entweder auf die Art durchgeführt, dass ein Schacht oder eine Strecke unmittelbar als das Rohr fungirt, welches von der bewegenden Flüssigkeit durchströmt wird, oder es ist eine besondere Rohrleitung für diesen Zweck vorhanden, und endlich verwendet man dazu die eigentlichen Strahlapparate.

Abgesehen von der ersteren Methode, deren Unvollkommenheit auf der Hand liegt, ist auch über die sonstigen Apparate im Allgemeinen zu bemerken, dass sie sehr einfach und in der Anlage billig sind, keine bewegten Theile besitzen und daher wenig Nachsicht und Reparatur bedürfen, andererseits aber nur einen geringen Theil der aufgewendeten Betriebskraft verwerthen und daher ein sehr unökonomisches Ventilationsmittel bilden. Strahlapparate sollen nur entweder als Reserve-Apparate für vorhandene Ventilatoren, oder in kleinen Dimensionen benützt werden; ihre Anwendung wird begünstigt, wenn bereits eine Leitung vorhanden ist, welche Wasser oder comprimirte Luft für andere Zwecke, wie zum Betrieb von Gesteinsbohrmaschinen, Lufthaspeln u. s. w. zuführt. Namentlich zur Separatventilation erscheinen dieselben in vielen Fällen als geeignet.

Einrichtungen mit directer Einströmung. Bei diesen ist, wie bemerkt, der Schacht oder die Strecke selbst, in welche die Einströmung erfolgt, als das Rohr zu betrachten, das die Luft fortführt. Das Wasser wird von oben in den Wetter-Einziehschacht fallen gelassen, dessen obere Mündung die Saugöffnung bildet; die mitgenommene Luft bewegt sich vom unteren Ende des Schachtes in die Grubenräume und die Vorrichtung wirkt blasend. Ist dagegen Dampf das Ventilationsmittel, so strömt dieser unten in den Schacht und führt die aus den Grubenräumen angesaugte Luft durch die Schachtmündung fort.

In beiden Fällen ist es jedoch nur theilweise die Strahlwirkung, welche den Wetterwechsel bewirkt; eine wesentliche Rolle spielt dabei zugleich die Temperaturänderung, indem das einfallende Wasser die Luft abkühlt und dadurch specifisch schwerer macht, daher deren Abwärtsbewegung erleichtert, während bei Anwendung von Wasserdampf sowohl dessen eigenes geringeres Gewicht, als die Erwärmung, mithin Verdünnung der mitströmenden Luft das Aufsteigen des Gemenges begünstigt. Nur

bei Verwendung von comprimirter Luft fällt die Temperatur-Aenderung weg.

Directe Einströmung von Wasser ist öfters zur Verstärkung des Wetterzuges in Anwendung gekommen. So liess man z. B., wenn die Wetter im Wasserhaltungsschacht einziehen, einen Theil des von den Pumpen gehobenen Wassers in den Schacht zurückfallen. Da letzteres neuerdings von den Pumpen gehoben werden muss und die dazu nothwendige Arbeit im Vergleich zur erzielten Leistung sehr gross ist, soll dieses Mittel nur im Nothfalle, z. B. nach einer Explosion schlagender Wetter benützt werden.[1]) Dasselbe wird für diesen Zweck von Haton empfohlen; es soll Wasser in einem Reservoir in Vorrath gehalten werden und eine Anzahl Röhren mit Hähnen vorhanden sein, durch deren Oeffnung das Wasser sofort zur Ausströmung an geeigneter Stelle gebracht werden kann.[2])

Ueber directe Ausströmung von Dampf in den Schacht ist nur wenig bekannt. Auf der Steinkohlengrube Lythandra in Oberschlesien liess man den von der Fördermaschine verbrauchten Dampf durch eine Rohrleitung an der Sohle des Wetterschachtes ausströmen und erhielt dadurch guten Erfolg.[3]) In der Grube Ruben in Niederschlesien wurden durch Einleiten von Dampf von 3 bis 4 Atm. die eben entwässerten, viel böse Wetter enthaltenden Baue binnen 1 bis 2 Stunden davon gesäubert und wieder befahrbar gemacht.[4])

Ingenieur Cherblanc[5]) machte den Vorschlag, am Grund des Wetterschachtes einen Dampfkessel aufzustellen, dessen Verbrennungsgase durch eine Blechesse bis auf eine gewisse Höhe im Schacht hinaufgeführt werden. Der erzeugte, schwach gespannte Dampf strömt continuirlich durch ein Rohr aus, welches durch die Wand der Esse und in dieser ein Stück hinaufreicht, so dass oben aus der Blechesse das Gemenge von Verbrennungsluft und Dampf ausströmt. Das im Schachte durch Condensation erzeugte Wasser wird gesammelt und wieder zur Speisung des Kessels, die selbstthätig stattfindet, verwendet. Das untere Ende des Schachtes steht mit den zu ventilirenden Punkten in Verbindung; die verdorbene Luft gelangt in den Schacht, mischt sich mit dem aus der Esse kommenden Gasgemenge und das Ganze zieht oben durch die Schacht-

1) Eine Notiz aus späterer Zeit über Ventilation durch einen Wasserstrahl findet sich in B. u. h. Ztg. 1870, 24. Bd., S. 407.

2) Haton de la Goupillière, Bergbaukunde, 2. Bd., S. 496.

3) Preuss. Zeitschr. 1875, 23. Bd., S. 114.

4) Ebendas. 1878, 26. Bd., S. 385.

5) Die Anwendung des Wasserdampfes zur Gruben-Wetterhaltung von F. Cherblanc, deutsch v. Krause. Gleiwitz 1848.

mündung aus. Die für die Kesselfeuerung nothwendige Luft strömt auch von den zu ventilirenden Punkten zu; wenn diese schlagende Wetter enthalten, ist die erforderliche Luft aus dem Wetterschachte selbst in genügender Höhe zu entnehmen.

Bei der projectirten Einrichtung ist wohl nur in geringem Maasse die Strahlwirkung und vorzüglich die Erwärmung der Luft wirksam. Gegen einen einfachen Wetterofen dürfte sich dabei blos etwa der geltend gemachte Vortheil herausstellen, dass der Wasserdampf das Austrocknen und Undichtwerden der Wetterscheider durch die warme Luft verhütet. Uebrigens soll das Verfahren bei Herstellung eines Tunnels in dessen Schächten zur Anwendung gekommen sein.

Was endlich die verdichtete Luft betrifft, so kommt hier nur deren Anwendung zur Erzielung einer Strahlwirkung in Betracht, denn wenn die comprimirte Luft allein die verdorbene ersetzt[1]), ist der Compressor selbst die Wettermaschine.

Fig. 250 und 251 zeigen eine im Schacht I der Zeche Rheinpreussen bei Homberg eingerichtete Ventilation durch die Strahlwirkung von verdichteter Luft.[2]) Dabei ist *a* der Wetterschacht, welcher durch eine kurze Verbindung *b* mit der Haupt-Wetterstrecke *c* communicirt. Durch eine Lokomobile wird der Ventilator *v* von 1 m äusserem Durchmesser, 0·35 m Flügelbreite und 0·5 m Durchmesser der Ausblaseöffnung betrieben. Das Saugrohr desselben mündet in die darunter liegende Haupt-Wetterstrecke *c*, das Blaserohr mit aufwärts gerichteter Oeffnung in den Wetterschacht. Der Ventilator kann 1600 Umgänge in der Minute verrichten, wobei die Lokomobile 100 Touren ausführt. Die Verbrennungsluft und der abgeblasene Dampf gelangen durch die geneigte Esse *e* ebenfalls in den Wetterschacht.

Bei 750 Touren des Ventilators treten in der Secunde 4·7 m^3 Luft mit einer Geschwindigkeit von 23·7 m durch das Blaserohr in den Schacht; von diesem rasch bewegten Strahl wird ausserdem ein beträchtliches Quantum Luft, welches durch die Strecke *b* aus der Haupt-Wetterstrecke zuströmt, fortbewegt. Im Ganzen beträgt die Wettermenge 12·5 m^3 in der Secunde, das Volum der Verbrennungsgase nur 0·2225 m^3, daher letztere unbedenklich in den Wetterstrom geleitet werden konnten. Ausserdem gelangt in der Secunde $^1/_{30}$ m^3 verbrauchter Dampf in den Schacht, wodurch die Lufttemperatur um 2° erhöht und der Zug begünstigt wird. Der freie Querschnitt des Schachtes ist 3·5 m^2, daher die Luft denselben mit 3·57 m Geschwindigkeit durchströmt.

---

1) Wie z. B. im Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 133 angeführt wird.

2) Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 300.

Der Vortheil dieser Einrichtung ist, dass durch einen verhältnissmässig kleinen Ventilator ein grosses Luftquantum weiterbewegt wird. Sollte dieses ganze Quantum direct durch den Ventilator fortgeschafft werden, also diesen durchströmen, so müsste er bedeutend grössere Dimensionen erhalten. Da aber Strahlapparate stets nur einen kleinen Wirkungsgrad entwickeln, so würde im letzteren Falle der Dampf- oder Kohlenverbrauch gewiss geringer sein.

Wassertrommeln und verwandte Apparate. Die gewöhnliche Einrichtung einer Wassertrommel[1]) zeigt Fig. 260. Darin bezeichnen *a* ein Gerinne, durch welches beständig Wasser zuströmt; *b* die Fallröhre, welche sich anfangs etwas verengt und dann plötzlich erweitert; die Verengung hat den Zweck, die Geschwindigkeit des Wassers zu erhöhen, daher seine Spannung herabzusetzen und die Luftmenge zu vergrössern, welche durch die Oeffnungen *o* (Schlucklöcher) einströmt. Die Fallröhre mündet in einen umgestürzten unten offenen Behälter, die Trommel *t*, welche in eine gemauerte Grube oder in einen zweiten oben offenen Behälter auf ein Balkenkreuz gestellt wird. Unter der Mündung des Fallrohres befindet sich ein Brettstück *p*, die Brechbank, zuweilen flach kegelförmig gestaltet, auf welcher der herabfallende Wasserstrom zerstäubt, was die Abscheidung der mitgerissenen Luft begünstigt. Die letztere strömt in die am Deckel der Trommel *t* mündende Wetterlutte *l*, das Wasser hingegen unter dem Rande der Trommel in den äusseren Raum und von dort in einen Abflusskanal. Um die Menge des zuströmenden Wassers zu reguliren, dient ein Holzkegel *k*, der mittels der Zugstange *z* gehoben oder gesenkt werden kann. Der Höhenunterschied der Wasserspiegel in und ausserhalb der Trommel misst die Spannung der Luft.

Soll der Apparat saugend wirken, so wird die Fallröhre an der Stelle, wo sich die Schlucklöcher befinden, mit einem Kasten aus Blech oder Holz umgeben, in welchen die Wetterlutte mündet; das Wasser kann in diesem Falle direct in den Abflusskanal strömen, die Trommel wegbleiben, nur muss das Fallrohr gehörig gestützt werden.

Zum Betrieb der Wassertrommel ist also ein Wassergefälle nothwendig, welches mitunter künstlich erzeugt wird, indem man die Grubenwässer von der Wasserhaltungsmaschine um einige Meter höher als bis zur Sohle des Abflussstollens heben lässt.

Die Wassertrommel ist unstreitig der einfachste Ventilationsapparat, der gar keine bewegten Theile enthält, fast ganz aus Holz und daher

---

1) Näheres über dieses Gebläse enthalten v. Hauer's Hüttenwesensmaschinen, 2. Aufl., S. 223.

wohlfeil hergestellt werden kann. Mittels derselben können Pressungen bis 35 mm Quecksilber oder 50 cm Wasser ohne Nachtheil erzeugt werden. Hingegen ist sie zur Ventilation ganzer Grubenbaue nicht wohl anwendbar, weil dazu eine grössere Zahl Einfallröhren und eine bedeutende Wassermenge nothwendig wäre. Der Wirkungsgrad ist sehr gering; nach älteren Versuchen von d'Aubuisson beträgt derselbe bis 0·15, nach späteren von Rittinger nicht mehr als zwischen 0·05 und 0·10. Endlich kann der Apparat nur an Orten aufgestellt werden, die keinem dauernden Froste ausgesetzt sind.

Zur Separatventilation erweisen sich indessen die Wassertrommeln doch öfters als vortheilhaft. So sind dieselben am Harz noch mehrfach in Verwendung; man fand, dass sie bei 5 bis 6 m Gefälle am besten wirken, wobei sie etwa 15 Proc. Wirkungsgrad geben.[1]) Neuerlich werden solche auf der Eisenerzgrube Bindeweide, dann im Steinkohlenbergbau Osterwald benutzt.[2])

Ein zum Fürst Lobkowitz-Erbstollen bei Häring in Tirol abgeteuftes Bohrloch wurde von Faller in nachstehender Art zur Ventilation des Erbstollens-Feldortes verwendet.[3]) Auf das Bohrloch *d* (Fig. 239) wurde ein 11·4 m langes, bei *o* mit mehreren Oeffnungen versehenes Leitrohr *a* aufgesetzt, das untere Ende des 38 m langen Bohrloches hingegen durch ein 2 m langes Rohr *b* mit der wie gewöhnlich eingerichteten Trommel verbunden und das Blaserohr der letzteren zum Feldorte geführt. Durch die Oeffnungen *o* liess man Wasser einströmen, welches die oben in das Leitrohr *a* eingetretene Luft in die Trommel schaffte. Auf diese Art gelang es, das Feldort bis auf 950 m Entfernung ausreichend mit frischer Luft zu versehen, obschon die Wetterröhren nur den geringen Durchmesser von 8 cm hatten.

Auf dem Zink- und Bleibergbaue Mühlenbach im Reviere Wied[4]) wird behufs Ventilation der Tiefbausohle das in einer höheren Sohle zusitzende Wasser in einem gusseisernen, 18·5 cm weiten Rohre *a* (Fig. 237) bis auf den Sumpf fallen gelassen und von dort mit den sonstigen Wässern durch die Schachtpumpe gehoben. Ein 6 cm weites, in der Tiefbaustrecke gelegtes Rohr *b* führt die Luft auf eine Entfernung von mehr als 100 m zu; dieselbe tritt vor Ort durch den Trichter *c* ein und wird durch das in *a* herabfallende Wasser angesaugt und mitgeführt. Der

---

1) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 698.

2) Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 240.

3) Erfahrungen im berg- und hüttenmänn. Maschinen-, Bau- und Aufbereitungswesen von Rittinger, 1854, S. 21.

4) Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 299.

erzeugte Wetterzug soll ein befriedigender sein, obgleich der Durchmesser des Rohres *b* sehr gering erscheint.

Auf der Zeche Rheinpreussen[1]) führte man von der Leitung, welche das Wasser zum Betrieb der Brandt'schen Gesteinsbohrmaschinen fortleitet, in Abständen von je 100 m dünne Kupferröhrchen in eine vom Hauptschacht bis vor Ort gehende Lutte. Die Enden der Röhrchen waren durch die Wand der Lutte durchgesteckt und die 1 bis 2 mm weiten Mündungen gegen das Ort zu gerichtet. Die ausströmenden feinen Wasserstrahlen saugten die Luft in die Lutte und bewegten sie durch letztere weiter.

Man hat bei solchen Vorrichtungen das Rohr, welches das Wasser in die Wetterlutte einführt, in eine Brause endigen lassen, um das Wasser feiner zu zertheilen und das Mitnehmen einer grösseren Luftmenge zu erzielen. Es zeigte sich jedoch, dass selbst bei klarem Wasser die feinen Oeffnungen sich durch Niederschlag aus dem Wasser bald verlegen, welcher Uebelstand bei dem später beschriebenen Victoria-Ventilator vermieden ist.

Einfache Apparate mit Dampfbetrieb. Für vorübergehende Zwecke und geringere Leistung lässt sich die Ventilation durch Dampf in der Art ausführen, wie es durch Hrn. Franz Müller in Javorzno geschah.[2]) Es handelte sich dort um Ventilation eines aus dem Maschinenschachte betriebenen Querschlages. Ueber das Ausblaserohr *a* (Fig. 235) der Dampfmaschine wurde ein hölzerner, einerseits offener Kasten *b* geschoben und an denselben unten die Wetterlutte *c* angeschlossen. Durch das Ausströmen des Dampfes sinkt die Spannung in *b* und wird daher aus *c* Luft angesaugt.

In der Grube Neue Friedenshoffnung im Kupferberger Revier wurde ein 80 Lachter tiefer Schacht dadurch gut ventilirt, dass man den Dampf ober Tag in 8zöllige Wetterlutten, die vom Schachtsumpf bis über das Dach des Maschinenhauses reichten, einströmen liess.[3])

In grösserem Massstabe ist dieses Princip in der Steinkohlengrube Maria zu Höngen bei Aachen angewendet, wo als Reserve für einen Fabry'schen Ventilator folgender Apparat hergestellt wurde.[4]) Mit dem Wetterschacht ist ein horizontales, 0·523 m weites Zinkblechrohr verbunden, in dessen Innerem der Dampf aus zwei concentrischen ring-

1) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 180. — Beschreibung des Bergreviers Aachen v. Wagner, Bonn 1881, S. 151.

2) „Erfahrungen" von Rittinger, 1851.

3) Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preuss. Staate 1869, 17. Bd., S. 87.

4) Ebendas. 1872, 20. Bd., S. 384.

förmigen Oeffnungen von regulirbarer, ungefähr 0·5 mm betragender Weite in der Richtung der Achse des Rohres austritt; die Ringe haben 0·157 und 0·314 m Durchmesser und erhalten den Dampf von aussen her zugeleitet. Die in Form zweier Hohlcylinder austretenden Dampfstrahlen nehmen die zwischenliegende und umgebende Luft mit und erwärmen dieselbe zugleich; die Wirkung der Einrichtung ist eine sehr gute.

Zur Ventilation ganzer Grubenbaue ist die besprochene Methode ferner besonders in England verwendet worden. Eine Einrichtung derselben zeigt Fig. 249.[1]) Am Sumpf des Wetterschachtes sind 18 Röhren *a* aus Zinkblech von 1·83 m Länge und 0·31 m Durchmesser eingemauert. Der vom Tage zugeführte Dampf strömt aus dem Rohre *b* durch Zweigröhren *c*, deren enge Mündungen 0·38 m von den Röhren *a* abstehen, in die letzteren. Die Dampfspannung ist jedoch nächst den Austrittsröhren beträchtlich kleiner als im Kessel, die erzeugte Depression gering.

Die Grube Seaton Delaval in Newcastle wird durch überhitzten Dampf von $2^1/_3$ Atmosphären Spannung ventilirt, der durch 25 Oeffnungen von 9·5 mm Durchmesser ausströmt. Der Schacht ist 183 m tief und 2·4 m weit, die Luftmenge 40 m^3 pro Secunde.[2])

Statt durch Mauerung werden die Röhren *a* (Fig. 249) auch durch hölzerne luftdichte Bühnen geführt, die im unteren Theile des Wetterschachtes angebracht sind.

Mitunter wird das Gemenge von Dampf und Luft in einen Wetterofen geleitet und dadurch die Wirkung des letzteren verstärkt.

Die directe Verwendung von Dampf zeigt, mit der Anwendung von Wetterherden verglichen, den Vortheil, dass die Gefahr der Explosion schlagender Wetter dabei vermieden ist, hingegen wird mehr Brennmaterial erfordert. Wird der Dampf den ober Tag befindlichen Kesseln entnommen, so sinkt seine Spannung beim Durchströmen der langen Röhrenleitung und wird ein grosser Theil desselben condensirt; stellt man dagegen einen besonderen Kessel in der Grube auf, so bringt dessen Heizung wieder die Gefahr der Explosion, die Ableitung des Rauches ist schwierig und die Anlage kostspieliger als die eines Wetterherdes. Der Effect ist geringer als bei Wettermaschinen; schon in früherer Zeit abgeführte Versuche haben constatirt, dass der Dampf, ob er nun zur Sohle des Wetterschachtes oder in die Esse eines ober Tag aufgestellten Wetterofens geleitet wird, bedeutend weniger leistet, als wenn er eine Ventilationsmaschine betreibt. Bei Kohlenbergbauen ist oder war aber der Mehraufwand an Brennmaterial, daher auch der grössere Dampfverbrauch oft

---

1) Revue universelle des mines 1860, 8. Bd., S. 27.

2) Ebendas. 1857, 1. Bd., S. 412.

von geringer Bedeutung, was die Anwendung dieses Mittels rechtfertigte; gegenwärtig ist dasselbe fast ganz ausser Gebrauch gekommen.

Einfachere Apparate mit Betrieb durch Luft. Zu diesen kann der Wetterhut[1]) gerechnet werden, bei welchem die Kraft des Windes zur Erneuerung der Luft angewendet wird. Er besteht aus einer Lutte, welche bis an den mit Luft zu versorgenden Ort geführt ist. Die obere, erweiterte Mündung befindet sich im Freien und wird der Windrichtung entgegen gestellt; damit letzteres selbstthätig stattfinde, hat man auch das offene, horizontale Endstück drehbar gemacht und mit einer Windfahne aus Holz oder Blech verbunden. Eine Strahlwirkung kommt dabei dann ins Spiel, wenn der Apparat nach Fig. 233 saugend verwendet wird, wobei durch die unten angeschlossene Lutte *l* die verdorbene Luft aus der Grube entnommen wird. Selbstverständlich können auf diese Art nur kleinere Luftmengen bewegt werden.

Bei Anwendung comprimirter Luft wird diese durch eine engere Mündung *a* (Fig. 234) in die weitere Lutte *l* geblasen, dadurch ein Ansaugen äusserer Luft in die Lutte und eine Fortbewegung der Gesammtmenge bis an das Ende der Lutte erzielt, welche an den zu ventilirenden Ort geführt ist. Das Rohr *a* für die verdichtete Luft ist mit einem Hahn versehen; die Mündung desselben erhält gewöhnlich 2 bis 6 mm, die Lutte *l* 10 bis 20 cm Durchmesser. Man hat auch *a* in mehrere Zweigröhrchen getheilt[2]) und dadurch einen verstärkten Luftzutritt erhalten.

Von Leclaire wurden solche Apparate verwendet, bei welchen das Zuführungsrohr der comprimirten Luft, aus Kupfer gefertigt, 18 mm Durchmesser hat, ungefähr 0·7 m tief in die Lutte eintaucht und in eine conische Düse von 6 bis 10 mm Durchmesser endigt.[3])

Ferner hat sich besonders v. Steindel[4]) mit diesen Apparaten befasst, welche an mehreren Orten, wie zu Zwickau, am Rammelsberg u. s. w. Eingang fanden. Ueber die Leistungen derselben wurden von dem Genannten Versuche abgeführt, bei welchen die verdichtete Luft von einem Compressor durch ein 17 mm weites Gasrohr zuströmte, das $^1/_2$ m tief in die Lutte eintauchte und an welches die Mundstücke mit verschieden weiten Oeffnungen befestigt werden konnten. Die Lutten waren aus Zinkblech und nicht durch Flantschen verbunden, sondern nur mit den

1) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 697. — Preuss. Zeitschr. 1882, 30. Bd., S. 255.

2) Freiberger Jahrbuch 1884, 1. Heft, S. 91.

3) Comptes rendus de la soc. de l'ind. min. 1880, S. 181.

4) Freiberger Jahrbuch 1884, 1. Heft, S. 78.

Enden ineinander geschoben. Folgende Tabelle zeigt die in 1 Minute am Ende der Lutten ausgeblasenen Luftmengen, wobei *D* den Durchmesser der Lutte, *d* den der Ausblaseöffnung für die comprimirte Luft in Millimetern und *L* die Länge der Lutten in Metern bedeuten. Die Spannung der Luft des Compressors betrug dabei 3 Atm. Ueberdruck.

D	*d*	*L* = 10	*L* = 80	*L* = 120	*L* = 200
150	1·5	6·14	3·57	3·19	2·17
	3	11·78	6·34	5·74	3·68
	5	17·62	10·27	9·26	5·99
210	1·5	9·21	5·92	4·83	3·36
	3	16·34	10·40	8·68	5·60
	5	26·25	16·87	14·67	10·12
310	1·5	14·10	8·33	6·23	6·98
	3	25·28	14·40	11·85	10·05
	5	41·25	22·05	17·33	13·65

Bei verschiedener Spannung wurden mit 10 m langen Lutten ebenfalls Versuche abgeführt, nach welchen sich herausstellte, dass die Luftmenge etwas weniger zunimmt, als die Quadratwurzel aus der Compressor-Spannung; obige Tabelle zeigt ferner, dass dieselbe bedeutend langsamer wächst, als die Fläche oder das Quadrat des Durchmessers *d* der Ausblase-Oeffnung für die comprimirte Luft. Endlich ergibt sich bei kleinerem Durchmesser, sowie bei grösserer Länge der Lutte die Luftmenge kleiner. Nach den Angaben der Tabelle und mit Rücksicht auf die vorhandene Pressung kann man die für einen gegebenen Fall erforderlichen Dimensionen schätzen.

Bei Holzlutten von rechteckigem Querschnitt mit 420 und 285 mm Seitenlänge ergaben sich für 3 Atm. Ueberdruck folgende Luftmengen in der Minute:

d	*L* = 80	*L* = 120	*L* = 200
1·5	10·68	9·36	6·24
3	17·25	15·00	9·72
5	30·60	24·72	16·80

Auch vom Bergdirector Weigl zu Lugau wurden Versuche angestellt, bei welchen die verdichtete Luft durch 10 mm weite Gasrohre zugeleitet wurde. Man liess die Luft erst ins Freie, dann in eine Zinklutte von 190 mm Durchmesser und 1·17 m Länge, endlich in eine Holzlutte von $^{230}/_{240}$ mm Querschnitt und 3·4 m Länge austreten und erhielt folgende Luftmengen in der Minute:

beim Ausblasen ins Freie . . . . 0·907 m^3
„ „ in die Zinklutte . . . . . 3·74 „
„ „ „ „ Holzlutte . . . . 5·80 „

Für den Gebrauch werden Rohre von 20 statt 10 mm Durchmesser zum Ausblasen verwendet und denselben Rohre von 45 mm Durchmesser nachgeführt, um den Spannungsverlust vom Compressor bis zur Ausblaseöffnung möglichst herabzusetzen.

Ueber die Anwendbarkeit dieser Apparate gelten die S. 161 gemachten Bemerkungen; sie sind sehr einfach, verbrauchen jedoch viel comprimirte Luft, beziehungsweise Dampf. [1])

Körting's Wasserstrahlapparate. Auch auf die eigentlichen nun zu besprechenden Strahlapparate bezieht sich das S. 161 Gesagte. Bei denselben wird das Betriebswasser, wie in Fig. 234 die Luft, durch eine Röhre in die Lutte eingeblasen, welche zuweilen eine erweiterte Saugöffnung erhält. Bei der Construction der Düsen wird das Bestreben dahin gerichtet, den Wasserstrahl möglichst zu zertheilen, um ihn dadurch besser mit der Luft zu mischen und seine saugende und blasende Wirkung zu verstärken.

So wird bei Körting'schen Apparaten nach Fig. 232 [2]), welche die Düse zeigt, in der letzteren ein Dorn mit Schraubengewinde befestigt, welcher dem Wasser eine drehende Bewegung ertheilt, wobei der Wasserstrahl in Form der Mantelfläche eines Kegels austritt.

Auf der Grube Melchior im Bergrevier Westlich-Waldenburg wurde behufs Ventilation einer schwebenden Strecke im Tiefbauschachte, 220 m unter Tag, ein Körting'scher Wasserstrahlapparat [3]) mit vertical stehender Düse eingebaut, an dessen Ausblaserohr sich ein 980 m langer, erst saiger, dann streichend und endlich ansteigend geführter Luttenstrang von 0·5 m im Quadrat anschliesst. Der Apparat hat einen runden Saughals von 0·08 Quadratmeter Querschnitt. Der Wasserdruck beträgt 19 Atmosphären, der Wasserverbrauch 0·1125 m^3 in der Minute und die in derselben Zeit am Ende der Lutte austretende Luftmenge 30·4 m^3. Das verbrauchte Wasser wird durch die Wasserhaltungsmaschine gehoben.

Am Schneeberger Kobaltfeld wurde ein solcher Apparat bei 18 m Gefällshöhe mit Vortheil verwendet.

Victoria-Ventilator. Bei diesem in der Fabrik von Gumtow & v. Gillet in Wien ausgeführten Wasserstrahl-Apparat erfolgt der Austritt

---

1) Dr. Meyer stellt in B. u. h. Ztg. 1887, S. 89 ausführliche Berechnungen über die bei gegebener Menge der Compressorluft resultirende Gesammtmenge Ventilationsluft an. Da aber nur ein minimaler und sehr veränderlicher Theil der disponiblen Arbeit zur Wirkung kommt, so lassen sich aus diesen Untersuchungen keine allgemeinen Regeln für die Bestimmung der Dimensionen ableiten.

2) Köhler's Bergbaukunde, 2. Aufl., S. 710.

3) Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 263.

des Wassers durch eine Brause, deren Oeffnungen, um gegen eine Verlegung gesichert zu sein, blos in der Zahl von dreien und mit grösserem Durchmesser gebohrt sind. Damit aber das Wasser doch zerstäubt werde, sind die Kanäle derart gerichtet, dass die austretenden Wasserstrahlen in einem Punkte zusammentreffen. Nach Fig. 265 ist *l* ein in den Wetterlutten eingeschaltetes Zinkrohr, *r* das Zuleitungsrohr für das Wasser, welches sich in zwei mit Ventilen *cd* versehene Rohre theilt, an deren Enden sich die entgegengesetzt gestellten Brausen *ab* befinden.

Die Brause, welche Fig. 267 und 268 in grösserem Massstab zeigen, enthält in dem eingeschraubten Einsatz *e* die erwähnten drei gegen die Achse des Apparates geneigten und gegen aussen verengten Bohrungen und besteht aus zwei zusammengeschraubten Theilen; durch Oeffnungen mit Deckel *t* in der Lutte *l* (Fig. 265) sind die Brausen leicht zugänglich und kann das Stück, welches die Bohrungen enthält, losgeschraubt und behufs der Reinigung herausgenommen werden.

Zwischen beiden Theilen der Brause wurde früher ein Sieb eingelegt, um gröbere Unreinigkeiten zurückzuhalten. Gegenwärtig wird zu diesem Zwecke in dem Zuleitungsrohr für das Wasser ein Filter (Fig. 266) eingeschaltet, welches aus einem siebartig gelochten Rohr *p* besteht, das vom Wasser durchströmt wird. Wenn man die Muttern *m* losdreht und das Rohr *n* etwas verschiebt, kann man dasselbe herausnehmen, dann das Filterrohr selbst von *n* losschrauben und reinigen.

Das Rohr *l* (Fig. 265) wird in die Wetterlutten, ungefähr 3 m von der dem Füllort zugekehrten Mündung derselben entfernt eingeschaltet. Ist nun *f* das gegen das Füllort gekehrte Ende, so wird, wenn der Apparat saugend wirken soll, das Ventil *c* geöffnet, so dass das Wasser durch die Brause *a* ausströmt; für blasende Wirkung öffnet man *d* und setzt dadurch *b* in Thätigkeit.

Im letzteren Falle wird zugleich die eingeblasene Luft abgekühlt und in Kohlenwerken der Staub niedergeschlagen. Die Brausen sind nicht ganz an das Ende der Lutte gelegt, damit der Wasserstaub nicht in einer für die Arbeiter lästigen Menge austrete, sondern sich in den Wetterlutten schon theilweise niederschlage; das Wasser muss abfliessen oder gehoben werden können.

Handelt es sich nicht um Ventilation, sondern blos um Niederschlagung des Staubes, so lässt man das Wasser durch die Brause frei ausspritzen, wodurch übrigens nebstdem die Grubenluft merklich gekühlt wird.

Die Apparate werden in dreierlei Grössen, mit 10, 15 und 20 cm Durchmesser des Rohres *l* ausgeführt; die Leistung ist verschieden nach dem Wasserdruck und der Länge der Lutten. Versuche mit denselben

wurden namentlich am Schneeberger Kobaltfeld ausgeführt.[1]) Das Gefälle betrug 32 m, das Wasser wurde den Apparaten durch eine Rohrleitung von 26 mm Weite zugeführt, die Länge der Lutten war 300 m, deren Durchmesser 19 cm. Bei blasender Wirkung erhielt man 2·23, bei saugender 3·90 m^3 Luft in der Minute, wobei der Wasserverbrauch in derselben Zeit im ersten Falle 5·1, im zweiten 5·8 Liter betrug; der Druck im Wasserzuleitungsrohre war 3 Atm. (statt der dem Gefälle entsprechenden 3·2 Atm.). Eine kleine Turbine, welche einen Ventilator von 0·83 m Durchmesser trieb, verbrauchte dagegen für die gleiche Leistung nahe die 10fache Wassermenge.

Ferner haben sich diese Apparate in einem Bremsschachtfelde der Grube Camphausen bei Saarbrücken gut bewährt, wo 12 Zerstäuber theils zur Ventilation, theils zum Niederschlagen des Staubes in Verwendung sind und beim gewöhnlichen Betriebe, bei welchem mit kurzen Unterbrechungen gespritzt wird, in einer achtstündigen Schicht 3 bis 4 m^3 Wasser verbrauchen. Auf den Kohlenbergbauen zu Fohnsdorf, im Seegraben bei Leoben und zu Köflach in Steiermark sind ebenfalls mehrere Apparate in zufriedenstellendem Gebrauch; von denselben erzielte u. a. einer von 20 cm Rohrdurchmesser bei 6 Liter Wasserverbrauch pro Minute und 42 m Gefäll mittels einer einfachen 76 m langen, unter 23—26° ansteigenden und 4mal gebrochenen Lutte eine gute Ventilation.

Körting's Dampfstrahl-Ventilatoren. Diese für andere Zwecke, sowie öfters auch zur Grubenventilation verwendeten Apparate bestehen aus mehreren Düsen mit zunehmender Weite, welche der Reihe nach von Wasserdampf durchströmt werden, während die Luft durch die ringförmigen Räume zwischen je zwei Düsen angesaugt und vom Dampf mitgerissen wird.

Einen grossen derartigen, am Wilhelmschachte bei Ostrau aufgestellten Exhaustor zeigen Fig. 240 und 241 in zwei Ansichten, Fig. 236 im Schnitte. Derselbe enthält im Ganzen sechs Düsen. Die unterste derselben, welche den im Rohre *r* zutretenden Dampf nach oben ausströmen lässt, ist mit der nächstfolgenden durch vier radiale, verticale Rippen verbunden und in ein cylindrisches, von Oeffnungen durchbrochenes Gehäuse eingesteckt, so dass die schmalen Aussenflächen der Rippen die Innenwand des Gehäuses berühren. Durch die Oeffnungen in der Gehäusewand kann die äussere Luft in den Zwischenraum der ersten und zweiten, dann dieser und der dritten Düse einströmen. An einer unteren Schlussplatte ist das Rohr *r* befestigt.

Auf den cylindrischen folgen drei conische, wieder von Oeffnungen

---

1) Freiberger Jahrbuch 1887, 2. Theil, S. 117.

für die Einströmung der Luft durchbrochene Gehäusetheile, welche durch Flantschen verbunden sind. Der unterste conische Theil enthält zwei, die beiden folgenden je eine Düse, welche durch je vier (die oberste Düse durch sechs) angegossene radiale Rippen mit den Gehäusewänden, beziehungsweise den Stegen zwischen den äusseren Oeffnungen verbunden sind.

Die oberste Düse mündet in einen gusseisernen Untersatz, an welchen sich ein conisch erweitertes Blaserohr aus Blech anschliesst. In diesem ermässigt sich die Geschwindigkeit so weit, dass die Pressung bis auf die atmosphärische steigt und daher der Austritt erfolgt. Die zu Fig. 236 rechts beigesetzten Zahlen geben die Düsendurchmesser an, welche von 25 bis 500 mm steigen. Mittels einer quadratischen Gussplatte *p* und 4 Schrauben ist das Ganze an der oberen Mündung eines verticalen, durch eine Einsteigöffnung *o* (Fig. 241) zugänglichen Kanales befestigt, an welchen letzteren sich der horizontale Saugkanal *S* anschliesst. Dieser ist nach der anderen Seite S_1 (Fig. 240) bis zu einem Kley'schen Ventilator fortgesetzt, welcher in der Regel zur Ventilation benutzt wird, während der Körting'sche Apparat nur selten im Betrieb steht. Im letzteren Falle ist die Thür *a* geöffnet, *b* geschlossen; beim Betrieb des Ventilators umgekehrt. Die untere Oeffnung des verticalen Saugkanales für den Körting-Apparat ist nur deshalb verengt, um eine kleinere, mehr handliche Thür *a* anbringen zu können.

Nach Joh. Mayer's Versuchen[1]) ergab dieser Apparat bei 32 mm Depression eine Luftmenge von 13·31 m³ in der Secunde, daher eine reine Leistung von 5·68 Pferdekräften, und verbrauchte 58·7 kg Kohle auf die Pferdekraft und Stunde, daher 5 bis 6 mal soviel als ein gut construirter Centrifugal-Ventilator bei gleicher Leistung.

Auch anderweitig sind solche Ventilatoren grösserer Dimension aufgestellt worden[2]), und zwar meistens als Reserve, so z. B. in der Grube Maria bei Höngen deren drei, welche bei $3^1/_2$ Atm. Dampfdruck eine Depression von 50 mm Wasser erzielen; in der Grube Westfalia bei Dortmund zur Verdünnung der in Gestalt von Bläsern auftretenden Schlagwetter; in der Grube Chassée bei Michalkowitz[3]) u. s. w. Auf der Grube Hazard in Belgien saugt der Apparat die Luft durch ein 0·6 m weites mit Röhren ausgekleidetes Bohrloch an.

Auf der Grube Sarts-au Berleur bei Lüttich verbrauchte der Kör-

1) Monographie des Ostrauer Kohlenbergbaues, S. 243. — Oesterr. Zeitschr. 1880, S. 287.

2) Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 209. — Salomon, ebendas. 1887, 35. Bd., S. 229.

3) Ebendas. 1884, 32. Bd., S. 299.

ting-Ventilator nach Versuchen von Bustin bei 3 Atm. Kesselspannung, 23 mm Depression und 10·34 m³ Luftmenge in der Secunde 3·2 mal so viel Kohle als ein Guibal-Ventilator gleicher Leistung.[1])

Harzé hat auf der Grube Gosson-Lagasse Versuche angestellt[2]), wobei der Apparat aus einem 1·75 m weiten Schacht Luft saugte; die Resultate der Versuche zeigt folgende Tabelle:

Dampfspannung Atm.	Luftmenge in 1 Sec. m³	Depression mm	Reine Leistung Pferdekr.	Kohlenverbrauch auf 1 Pfdkft. u. Stunde in kg
1	4·94	13·5	0·89	48·3
2	6·88	23	2·11	43·6
3	8·09	32·5	3·51	31·3

Bei abgesperrtem Schachte betrug die Depression im Saugraum beziehungsweise 27, 46 und 65 mm, also das Doppelte der oben angegebenen. Der Kohlenverbrauch stellt sich bei 3 Atm. Dampfspannung 3·6 mal so hoch als der eines Guibal-Ventilators, der mit gleicher Dampfspannung arbeitet, wenn man für diesen wegen der geringen Weite der Grube nur 30 Proc. Wirkungsgrad und dabei einen Kohlenverbrauch von 2·5 kg für 1 Pferdekraft und Stunde annimmt.

Kleine Apparate mit 3, 5 u. s. w. Millimeter Düsendurchmesser sind ebenfalls im Gebrauch.[3])

Harzé empfiehlt, eine Vorrichtung zur Aenderung der Grösse der Dampfdüse anzuwenden, da sonst ein Ventil zur Regulirung der Dampfmenge erforderlich ist, durch dessen Verstellung aber nicht nur die Menge, sondern auch die Spannung des Dampfes geändert und eine nachtheilige Drosselung herbeigeführt wird.[4]) Rossigneux glaubt, dass die Wirkung des Apparates durch Vergrösserung der Berührungsfläche zwischen Luft und Dampf zu verbessern wäre; so z. B. werden bei der pneumatischen Post in London zur Verdünnung der Luft concentrische, ringförmige Dampfstrahlen verwendet, zwischen welchen die Luft zuströmt, was auch bei Dampfstrahl-Ventilatoren zu versuchen wäre, obgleich diese keine so starke Depression erzeugen müssen.[5])

Körting-Ventilatoren mit Betrieb durch comprimirte Luft. Die Körting'schen Strahlapparate werden öfters auch durch comprimirte Luft betrieben. Einen solchen Apparat, wie dieselben z. B. auf der Grube

1) Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 871.

2) Annales des travaux publics de Belgique 1885, 43. Bd., Anhang III; s. auch Chansselle, Comptes rendus soc. ind. min. 1886, S. 230.

3) S. u. a. Preuss. Zeitschr. 1875, 23. Bd., S. 114; 1887, 35. Bd., S. 261.

4) Revue universelle 1875, 37. Bd., S. 417.

5) Bull. soc. ind. min. 1878, 8. Bd., S. 871.

Maria bei Höngen, dann auf der Zeche Hansa längere Zeit in Verwendung stehen und aus dünnem Zinkblech leicht herstellbar sind, zeigt Fig. 238.[1]) Derselbe bläst die Luft in eine bei *a* angeschlossene Lutte. Auf die 6 mm weite Blaseöffnung folgen 3 weitere Düsen, welche durch radiale (in der Zeichnung vertical schraffirte) Blechwände mit dem Gehäuse *g* verbunden und gegen dieses abgesteift sind.

Bei nicht zu langer und genügend weiter Lutte kann man annehmen, dass der Körting-Apparat bei 2 Atm. Spannung der comprimirten Luft die 12fache Menge der letzteren vor Ort bringt, wie auf der Grube Hansa durch langen Betrieb constatirt wurde. Bei 3 Atm. Spannung ergab ein Apparat mit 5 mm weiter Düsenöffnung, in eine Holzlutte von 0·046 m^2 Querschnitt und 8 m Länge blasend, 43·15 m^3 Luft in der Minute, während wenn die verdichtete Luft aus derselben Düse unmittelbar in die Lutte strömte, nur 33·9 m^3 erhalten wurden.

Nach Förster und Hausse ergibt sich bei 1, 2 und 3 Atm. Ueberdruck beziehungsweise das 17·5-, 19·7- und 20·9fache Volum der comprimirten Luft, jedoch ohne Rücksicht auf Verluste in der Lutte, also bei geringer Länge der letzteren.[2]) Bei Blechlutten von 30 cm Durchmesser soll der Apparat nur bis zu einer Luttenlänge von 120 bis 150 m gut functioniren, darüber hinaus die Luftmenge gering werden.[3]) Ein Ventilator, durch comprimirte Luft von 3 Atm. Spannung betrieben, ergibt bei kurzer Lutte das 58fache des Verbrauches, also beträchtlich mehr als der Körting-Apparat.[4])

Der Betrieb durch Luft wird oft dem durch Dampf vorzuziehen sein, weil letzterer nicht so gut in die Grube zu führen ist und zum Theil condensirt wird. Aus diesem Grunde ist der Betrieb durch Luft im Saarbrückener Bezirk viel in Anwendung.[5]) Nach Mathet[6]) sind jedoch die Körting'schen Strahlgebläse mit Betrieb durch comprimirte Luft zu Blanzy, wo dieselben in currenter Verwendung standen, wegen zu geringen Effectes und zu grossen Geräusches ganz ausser Gebrauch gekommen.

Kolbenmaschinen.

Princip und Berechnung. Unter dem Namen Kolbenmaschinen begreift man jene Wettermaschinen, welche, ganz ähnlich den für hütten-

---

1) Nach dem Hauptbericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, Bd. II, S. 203.

2) Chansselle führt in Comptes rendus soc. ind. min. 1886, S. 230 so stark verschiedene Zahlen über die Vermehrung der eingeblasenen Luftmenge an, dass über deren Richtigkeit nothwendig Zweifel entstehen müssen.

3) Comptes rendus soc. ind. min. 1880, S. 81.

4) Förster, Freiberger Jahrbuch 1879, S. 38.

5) Preuss. Zeitschr. 1877, 25. Bd., S. 240.

6) Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 134.

männische Zwecke dienenden Kasten- und Cylindergebläsen construirt, aus einem Behälter Fig. 274 von kreisrundem oder rechteckigem Querschnitt bestehen, in welchem der Kolben k hin und her bewegt wird. An den Wänden, welche die Enden des Behälters abschliessen, befinden sich Druck- und Saugventile $d\,s$, von welchen d mit der freien Luft, s durch Kanäle c mit der zu ventilirenden Strecke communiciren. Bei Bewegung des Kolbens wird stets durch eines der Ventile s Grubenluft angesaugt, durch das am anderen Ende des Behälters befindliche Ventil d ins Freie ausgeblasen, und die Maschine wirkt saugend; sie wird zu einer blasenden, wenn man die Ventile s und d ihre Plätze wechseln lässt. Bleibt eine der Stirnwände nebst dem zugehörigen Kanal c weg, so ist der Apparat einfach- statt wie früher doppeltwirkend, da der Kolben blos abwechselnd Luft ansaugt und ausbläst.

Bezeichnet O die Fläche und v die mittlere Geschwindigkeit des Kolbens, $\mathfrak{m}$ den Raum, welchen der Kolben in der Secunde zurücklegt, so ist

$$\mathfrak{m} = O\,v;$$

und da bei doppeltwirkenden, saugenden Maschinen eben dieses Volum $\mathfrak{m}$ aus der Strecke in den Behälter nachströmt, bei blasenden aus letzterem in die Strecke verdrängt wird, so ist $\mathfrak{m}$ zugleich die von der Maschine fortbewegte, sogenannte theoretische Luftmenge pro Secunde. Wegen Undichtheiten der Maschine und wegen des schädlichen, d. h. des zu Ende des Hubes zwischen dem Kolben und Cylinderdeckel verbleibenden Raumes ist jedoch die wirkliche Menge m stets kleiner als $\mathfrak{m}$, und setzt man das Verhältniss beider, welches den Namen Windeffect führt,

$$\frac{m}{\mathfrak{m}} = \varphi,$$

so wird

$$m = \varphi\,\mathfrak{m} = \varphi\,O\,v.$$

Ist die pro Secunde zu bewegende Luftmenge m gegeben, so folgt die Kolbenfläche

$$O = \frac{m}{\varphi\,v}.$$

Bezeichnet ferner s den Kolbenhub, so ergibt sich für eine doppeltwirkende Kolbenmaschine die Anzahl Doppelhube n in der Minute

$$n = 30\,\frac{v}{s}.$$

Der reine Effect E und die erforderliche Betriebskraft $\mathfrak{E}$ sind durch die Formeln auf S. 9 gegeben.

Der Windeffect φ ist meistens gross, gleich 0·8 bis 0·9, und wo

derselbe sich gering herausstellt, liegt die Ursache mehr in der Schwierigkeit, den Kolben dicht zu halten, als in den Ventilen, denn wenn diese auch die Spannung und Menge der einströmenden Luft herabsetzen, so ist doch bei den geringen überhaupt vorkommenden Spannungsunterschieden das Quantum der angesaugten Luft stets wenig kleiner als das theoretische. Der Wirkungsgrad ε dagegen beträgt wegen des unten nachgewiesenen Einflusses der Ventile gewöhnlich nicht mehr als etwa 0·25. Die Kolbengeschwindigkeit v war bei älteren Kolbenmaschinen nicht grösser als 0·4 bis 0·5 m, kann aber bei guter Construction wohl auf 1 m erhöht werden.

Die Kolbenmaschinen gehören zu den Volum-Ventilatoren, deren wesentliche Eigenschaften im Vergleich zu denen der Depressions-Ventilatoren bereits auf S. 13, 54 und 55 besprochen wurden. Der Einfluss der Ventile und des schädlichen Raumes soll jedoch noch näher erläutert werden.

Einfluss der Ventile und des schädlichen Raumes auf die Leistungen der Maschine. Je geringer die Steigerung h der Pressung, welche durch die Kolbenmaschine hervorgebracht wird, desto grösser ist der Windeffect und desto kleiner der Wirkungsgrad derselben. Bewegt sich (Fig. 274) der Kolben in der Richtung des Pfeiles, so ist die Spannung der Luft im Raume A grösser als die äussere atmosphärische; denn um das Ventil d geöffnet zu erhalten, ist ein Ueberdruck von innen nothwendig, der zugleich der Luft ihre Ausflussgeschwindigkeit ertheilt. Zu Ende des Kolbenlaufes ist also der schädliche Raum mit dieser höher gespannten Luft gefüllt. Beim Rücklauf des Kolbens hingegen ist aus ähnlicher Ursache die Spannung in A kleiner als in den Saugröhren c; während des ersten Theiles des Rücklaufes wird also nicht gesaugt, sondern nur die Spannung der Luft des schädlichen Raumes vermindert; erst bis die Spannung in A unter die in c vorhandene gesunken ist, öffnet sich das Ventil s und beginnt das Saugen. Aus diesem Grunde und auch wegen der geringeren Dichte der angesaugten Luft ist deren Menge kleiner als die theoretische, nähert sich aber der letzteren um so mehr, je kleiner der Unterschied der äusseren und der Spannung in c ist. Das Gleiche ergibt sich für den Raum B auf der anderen Seite des Kolbens und Analoges für blasende Kolbenmaschinen. Da nun die Wettermaschinen bedeutend kleinere Spannungsdifferenzen erzeugen, als die beim Hüttenwesen verwendeten Cylindergebläse, so erreichen sie auch einen grösseren Windeffect als letztere. Bei Bessemergebläsen z. B., welche 2 bis $2^1/_2$ Atm. Spannung erzeugen, sinkt der Windeffect bis auf 0·6 oder 0·5, während derselbe bei den Kolbenmaschinen zur Ventilation 0·8, selbst 0·9 erreicht, wie oben bemerkt wurde.

Dagegen wird bei kleiner Depression der Wirkungsgrad durch die Ventile stark herabgesetzt. Wegen des Widerstandes der letzteren nimmt die Spannung der Luft beim Durchströmen der Ventilöffnung ab. Ist also $-h$ die Spannungshöhe im Saugkanal c (Fig. 274), so wird dieselbe im Raume B um einen Betrag h_2 kleiner, daher gleich

$$-h-h_2=-(h+h_2).$$

Im Raume A ist aus demselben Grunde der Druck grösser als der atmosphärische, daher eine Spannungshöhe h_1 vorhanden. Die Differenz dieser Höhen

$$h_1-[-(h+h_2)]=h+(h_1+h_2)$$

entspricht dem Spannungsunterschiede, welcher der Kolbenbewegung entgegenwirkt; ohne den Widerstand durch die Ventile wären h_1 und h_2 gleich Null, also die obige Differenz blos h. Die zur Spannungsänderung der Luft nothwendige Arbeit ist aber dieser Differenz proportional, und wird mithin durch den Einfluss der Ventile auf das $n$fache vergrössert, wobei

$$n=\frac{h+(h_1+h_2)}{h}=1+\frac{h_1+h_2}{h}$$

ist. Da die Höhen h_1 und h_2 sich mit h wenig ändern, so wird n um so grösser, je kleiner h ist, daher der Wirkungsgrad der Kolbenmaschinen mit der erzeugten Spannungsdifferenz abnimmt. Ganz der gleiche Schluss ergibt sich für blasende Kolbenmaschinen.

Die Höhen h_1 und h_2 werden klein, wenn die Summe der Ventilquerschnitte möglichst gross ist, ferner wenn die Ventile durch einen schwachen Druck offen erhalten werden können, also geringes Gewicht besitzen und in verticaler Stellung angebracht sind, oder bei horizontaler Lage Ausgleichungsgewichte erhalten. Doch ist bei der sorgfältigsten Einrichtung die Summe h_1+h_2 noch immer verhältnissmässig gross, da einerseits das Gewicht der Ventile, welche sich sonst zu langsam schliessen, nicht vollständig ausgeglichen werden kann, andererseits wegen der Verluste durch plötzliche Geschwindigkeits- und Richtungsänderung in den Ventilöffnungen stets ein Ueberdruck nothwendig ist. Bei ausgeführten älteren Wettermaschinen steigt der Werth n bis über 2, es wird mithin durch den Einfluss der Ventile allein mehr als die Hälfte der Betriebskraft aufgezehrt.

Da nebstdem die Kolbenmaschinen meist kostspieliger und complicirter ausfallen, sind sie jetzt wenig im Gebrauch und wären nur etwa für sehr enge Gruben zu empfehlen, welche eine starke, durch Centrifugalventilatoren nur unvortheilhaft zu erreichende Depression erfordern.

Kleinere Kolbenmaschinen. Zur Ventilation einzelner schwach belegter

Feldörter wurde besonders früher die sogenannte Wetterlade verwendet, d. i. ein viereckiger, hölzerner, oben offener Kasten, in welchem ein Kolben durch Menschenkraft hin und her bewegt wird. Die Luft strömt beim Aufgange des Kolbens durch ein am Boden des Kastens befindliches Saugventil aus der Wetterlutte ein, beim Niedergange durch das im Kolben befindliche Ventil ins Freie. Zweckmässiger ist die Einrichtung der in Fig. 275 dargestellten Wetterlade, bei welcher die Kolbenliederung wegfällt. Dabei ist *a* der quadratische hölzerne Kasten mit 25 cm Weite; *b* die Wetterlutte, eine Blechröhre, welche die Luft von dem zu ventilirenden Feldorte zuführt; *s* das Saugventil; *k* der Kolben, von ähnlicher Form wie der Kasten und am Boden mit dem Druckventil *d* versehen, durch welches beim Niedergange die Luft abströmt; *l* die Liederung, bestehend aus Lederstreifen, welche am Rande des Kastens *a* festgenagelt sind, sich an den Kolben anlegen und daher den Kasten *a* nach oben abschliessen. Die Auf- und Niederbewegung des Kolbens erfolgt durch die Zugstange *z*, entweder direct oder mittels eines Hebels; im ersteren Falle wird der Apparat etwas geneigt aufgestellt, um die Arbeit zu erleichtern. Die Liederung *l* ist stets sichtbar und leicht zu repariren, daher der eines gewöhnlichen Kolbens vorzuziehen.

Oefters hat man den Kolben der Wetterladen durch das Gestänge der Wasserhaltungsmaschinen in Gang gesetzt, so z. B. auf der Steinkohlengrube Mathilde in Oberschlesien[1]), wo ein doppeltwirkender eiserner Cylinder von 0·523 m Durchmesser in Verwendung kam, an dessen Deckel und Boden Ventilkästen mit je einer Saug- und Druckklappe angebracht wurden. Der Apparat wirkt blasend, verrichtet 6 Doppelhube in der Minute und ventilirt in befriedigender Art mittels Lutten eine 480 m lange Strecke.

Grössere stehende Kolbenmaschinen. Diese wurden einfachwirkend, mit quadratischen Kästen oder mit Cylindern aus Holz hergestellt; von der letzteren Art ist die auf der Esperance-Grube bei Seraing im Betrieb gewesene, in Fig. 276 skizzirte Maschine.[2]) Sie besteht aus zwei einfachwirkenden Cylindern *c*, welche nach Art eines Fasses aus hölzernen Dauben zusammengesetzt und mit aufgezogenen Eisenreifen versehen sind. Die gusseisernen Kolben, sowie die Böden der oben offenen Cylinder enthalten die Ventile. Die Kolbenstangen sind durch Parallelogramme mit dem gusseisernen Balancier *b* verbunden, welcher von der vertical ober dem einen Gebläsecylinder stehenden Dampfmaschine *d* bewegt wird. Die Bewegung des Dampfschiebers erfolgt durch eine am

1) Serlo's Bergbaukunde, S. 380.

2) Ponson's Steinkohlenbergbau, deutsch v. Hartmann, 1856, S. 330.

Balancier befestigte Steuerungsstange. Da keine Kurbel vorhanden ist, welche den Hub begrenzt, so muss die Steuerung so gestellt werden, dass der Hubwechsel eintritt, bevor die Kolben den Cylinderenden zu nahe gekommen sind, um die Gefahr eines Bruches zu vermeiden. Dadurch wird der schädliche Raum grösser. Bei einer anderen solchen Maschine werden die Kolben ähnlich wie in Fig. 295 (s. „Glockenmaschinen") bewegt.

Die Hauptdimensionen der Maschine sind: Cylinderdurchmesser 3·54 m; Hub 1·6 bis 1·9 m; Hubzahl 9·4 bis 14·5 in der Minute; Luftmenge ca. 8 m^3 in der Secunde; bei 10 bis 70 mm Depression ergab sich der Wirkungsgrad gleich 0·084 bis 0·366.

Grössere liegende Kolbenmaschinen. Die später nach Mahaux' System erbauten Kolbenmaschinen zeigen liegende Anordnung, d. h. die Achse des Kastens ist horizontal, wobei die Klappen eine verticale Stellung erhalten und die Gegengewichte entbehrlich werden. Auf den Steinkohlenwerken bei Charleroi wurden solche Maschinen aufgestellt[1]), deren Einrichtung Fig. 269 im Verticalschnitte zeigt. Sie bestehen aus zwei liegenden quadratischen Kästen *c*, in denen sich die Kolben *k* bewegen, welche durch eine gemeinschaftliche eiserne Kolbenstange mit dem Kolben der Dampfmaschine *d* in Verbindung stehen. Die Kästen sind aus Pfosten zusammengesetzt und durch hölzerne Schliessen *n* verstärkt. Die Luft strömt durch die Saugventile *v* aus zwei mit der Strecke verbundenen Kanälen in die Kästen, durch die Kolbenventile v_1 ins Freie. Die Kolbenliederung besteht aus Hanfbandseilen, die durch Federn gegen die Kastenwände gedrückt werden. Um die Abnützung der Liederung und die Reibung an der Unterseite des Kolbens zu vermindern, sind an zwei Stellen Schienen *u* an den Kolben befestigt, welche auf gusseisernen Führungen gleiten. Der Dampfschieber wird von einer an der Kolbenstange befestigten schwächeren Stange mittels Knaggen gesteuert. Das Ganze ist auf Mauerwerk fundirt.

Die Kästen haben 3 m Länge, im Querschnitt 4·5 m Breite und 3·75 m Höhe, die Kolben verrichten jeder 17 Hube, die Depression beträgt 75 bis 100 mm, die gesaugte Luftmenge 12·75 m^3 in der Secunde.[2])

Der Windeffect dieser Maschine wurde von Jochams bei einer mittleren Depression von 7·5 cm Wasser zu 0·93, der Wirkungsgrad zu 0·65 bestimmt. Die letztere Ziffer ist bedeutend höher als die unter sonst gleichen Verhältnissen für stehende Kolbenmaschinen, selbst bei

1) Burat, Das Material des Steinkohlenbergbaues, deutsch von Hartmann, Brüssel und Leipzig 1861, S. 293.

2) Annales des travaux publics de Belgique, 15. Bd., S. 40.

ausgeglichenen Ventilgewichten sich ergebende; sie ist jedoch nicht verlässlich, weil das Verhältniss der Nutzleistung der Dampfmaschine zu der aus dem Dampf-Ueberdruck sich ergebenden Wirkung blos geschätzt wurde, und zwar zu 0·7.

Da bei solchen Maschinen der Kolben wegen des Widerstandes der Führung an der Unterseite schwer vertical zu erhalten ist, hat man die Führungen auch an der Seitenwand der Luftkästen, in der Höhe der Kolbenstange angebracht, wobei der Kolben mittels vorspringender Theile oder Rollen auf den Führungsschienen gleitet.[1])

Ferner wurde eine solche Maschine auf der Grube Monceau-Fontaine doppeltwirkend hergestellt[2]) mit 18·45 m^2 Kolbenquerschnitt, 3·31 m Hub und 0·55 m Kolbengeschwindigkeit. Die Klappen sind 1·5 m breit und 1·69 m hoch. Der Windeffect beträgt 0·76, der Wirkungsgrad wurde (wohl zu gross) mit 0·665 bestimmt.

Nixon's Kolbenmaschine. Noch soll eine ältere liegende Kolbenmaschine angeführt werden, welche durch ihre Dimensionen bemerkenswerth ist und von Nixon auf der Grube Navigation Colliery bei Aberdare aufgestellt wurde.[3]) Fig. 285 und 284 zeigen dieselbe im Verticalschnitt und Grundriss. Sie besteht aus zwei doppeltwirkenden hölzernen Kästen *k*, deren Kolben von der liegenden Dampfmaschine *d* bewegt werden; *p* sind zwei Schwungräder. An der oberen Hälfte der Stirnwände beider Kästen befinden sich die Druck-, an der unteren die Saugventile, durch welche die Luft aus den Kanälen *c* in die Kästen eintritt.

Die Kolben haben 9·144 m Breite und 6·096 m Höhe, daher 59·4 m^2 Fläche; der Hub ist gleich 2·134 m. Bei 7·19 Doppelhuben in der Minute beträgt das theoretische Luftvolum in der Secunde 57·0 m^3, das wirkliche 33·6 m^3, daher der Windeffect nur 0·59. Diese geringe Ziffer ist wohl hauptsächlich den Undichtheiten, besonders der Kolbenliederung zuzuschreiben; denn der schädliche Raum ist zwar bedeutend, hat aber bei der geringen Depression nur sehr wenig Einfluss auf den Windeffect.

Die Dampfmaschine hat 0·914 m Kolbendurchmesser und 1·829 m Hub, das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Dampfarbeit betrug bei Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission 0·43 bis 0·45.

Jeder Kolben besteht aus einem Holzgerüst, welches beiderseits mit Blechplatten bedeckt ist, die in der Mitte 9·5, am Rande 6·35 mm dick sind; in der Mitte sind die Platten an einem gusseisernen Einsatzstück

1) Devillez, Ventilation des mines, S. 385.

2) Ebendas. S. 395 u. 399.

3) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 683. — Smyth, La Houille etc., französisch v. Maurice.

von 0·914 m Breite und 0·838 m Höhe angenietet, in welchem die Kolbenstange durch einen Keil befestigt ist. Zur Verminderung der Reibung laufen die Kolben auf je 4 Rollen, deren Durchmesser so gross ist, dass sie bei jedem Hub genau eine Umdrehung verrichten; dadurch wird die Abnutzung der Rollen eine gleichförmige. Diese ist übrigens sehr gross, daher man die Rollen aus Stahl hergestellt hat.

Die Ventile sind, wie es für den Gang vortheilhaft ist, jedoch die Einrichtung complicirter macht und leichter Störungen hervorruft, in kleineren Dimensionen, dafür in grösserer Zahl angebracht. An jeder Stirnwand befinden sich 42 Saug- und 49 Druckventile, daher im Ganzen bei beiden Kästen nicht weniger als 364 Ventile von 0·61 m Breite und 0·406 m Höhe. Die Ueberdeckung ist 25 mm. Die Klappen sind an Haken am Holzgerüst des Kolbens aufgehängt und bestehen blos aus Holz, da bei Anwendung einer Filzdichtung die Oeffnung schwerer von Statten ging. Der untere Rand öffnet sich auf 63—76 mm.

Der Ventilator fungirt übrigens seit 1859 mit wenig Unterbrechungen. Bei einer neu herzustellenden solchen Maschine beabsichtigte man, dem Rande des Kolbens wegen besseren Luftabschlusses die grosse Breite von 0·914 m zu geben; die Stützrollen sollten weggelassen und durch einen 7·62 m langen Holzbalken ersetzt werden, welcher parallel zur Kolbenstange in einem Abstande von 0·61 m unter derselben am Kolben befestigt und ausserhalb des Kastens durch zwei fest gelagerte Rollen gestützt ist.

Neuere Kolbenmaschinen. Von der Maschinenfabrik der Gesellschaft de la Meuse wurde 1873 auf der Grube Aumonier bei Lüttich eine von Goffint entworfene und von Stevart verbesserte Kolbenmaschine[1]) mit zwei liegenden, doppeltwirkenden Cylindern von 4 m Durchmesser und 3·5 m Hub aufgestellt, welche in der Minute 5 Doppelhube verrichtet; die Depression beträgt dabei 60 mm Wasser, kann aber bis auf 200 mm erhöht werden. Jeder Luftcylinder wird direct durch einen Dampfcylinder von 40 cm Durchmesser bethätigt, eine Kurbelwelle ist nicht vorhanden. Die Luftcylinder sind aus Blech hergestellt, durch 3 herumgelegte Reife aus U-Eisen und an beiden Enden durch Winkeleisenringe, welche zugleich zur Befestigung der gusseisernen Deckel dienen, verstärkt. Die Kolben haben Linsenform und bestehen aus einer gusseisernen, 0·7 m langen Nabe, 8 Armen aus Schmiedeisen und zwei an diesen festgenieteten flach conischen Blechwänden von 2 mm Stärke. Am Umfange liegt ein Kranz aus Holz. Die Liederung besteht aus einem Lederstulp,

---

1) Exposition de hygiène et de sauveté, Bruxelles 1876, VI. Classe, Nr. 270. — Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 99.

welcher durch einen am Holz befestigten Kautschukring an die Cylinderwand gedrückt wird. Der Kautschukring hat U-förmigen Querschnitt und kehrt seine convexe Seite gegen aussen. Jeder Kolben läuft mit 4 Rädern auf zwei im unteren Theil des Cylinders befindlichen Schienen.

Die Deckel sind der Form des Kolbens entsprechend gewölbt. Wegen der Räder kann sich der Kolben nur bis auf ungefähr 0·5 m Abstand von den Deckeln bewegen; der dadurch sich ergebende grosse schädliche Raum ist, wie früher bemerkt, nicht besonders nachtheilig.

An der unteren Hälfte jedes Deckels sind die Saug-, an der oberen die Druckklappen angebracht, bei deren Construction vorzüglich auf Verminderung des Gewichtes geachtet wurde, um dem Hauptübelstande der Kolbenmaschinen besser zu begegnen. Die Ventile bestehen aus einfachen Zinkblechplatten, die Sitze derselben sind durch aufgelegte, mit Leinwand überzogene Kautschukröhrchen gedichtet. Die Drehbolzen der Klappen haben in ihren Lagern einen horizontalen Spielraum, so dass sie sich parallel zu ihrer Stellung von den Sitzflächen entfernen und nebstdem aufdrehen können. Nach abgenommenen Diagrammen beträgt in der That der zum Offenhalten der Ventile erforderliche Druck blos 4 mm Wasser, ist also sehr gering.

Die Maschinen sind mit einer Kataraktsteuerung versehen. Um einen gleichmässigen Gang zu erzielen, wird der Katarakt der einen Maschine stets durch die andere ausgelöst, und die Steuerung ist derart montirt, dass jede Maschine ihren Hub beginnt, wenn die andere $^2/_3$ desselben in gleicher Richtung zurückgelegt hat. Mittels der Katarakte kann man mit Pausen arbeiten und das Spiel der Kolben in den gewünschten Einklang bringen.

Nach Bedarf sollen auch zwei Luftcylinder durch einen zwischenliegenden Dampfcylinder betrieben, ferner drei solche Maschinen nebeneinander aufgestellt werden.

Vortheile der beschriebenen gegen die früher verwendeten Kolbenmaschinen sind die leichten Ventile, der grosse Kolbenlauf, vermöge dessen die Hubzahl geringer wird und die nachtheiligen Einflüsse des Hubwechsels sich weniger oft einstellen, ferner die geringe Kolbenreibung und die Vereinfachung der Anordnung durch Wegfallen des Schwungrades. Dagegen kann aus diesem Grunde die Maschine nicht mit Expansion arbeiten und besitzt die Steuerung eine ziemlich complicirte Einrichtung. Bei Anwendung von 2 oder 3 Doppelmaschinen werden sich die Anlagekosten wohl höher stellen als die eines Guibal-Ventilators.

Mit 5 Doppelhuben saugt der Apparat 600 bis 700 m³ Luft in der Minute. Bei Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission ergab

sich das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Arbeit des Dampfes gleich 0·249 bis 0·258, der Luftverlust gleich 31·5 Proc.

Bemerkenswerth ist Goffint's Vorschlag[1]), betreffend eine durch Umsetzung von der Maschine zu bewirkende Oeffnung der Klappen; auch sei hier auf die gesteuerten Ventile, welche von Riedler bei Pumpen und Gebläsen angewendet werden, hingewiesen.

Auf der Blei- und Zinkerzgrube zu Montiponi in Sardinien[2]) wurde eine kleine Kolbenmaschine mit 2 Cylindern von 0·48 m Durchmesser, 0·82 m Hub und 55 Touren in der Minute aufgestellt. Die Kolbenliederung besteht aus Messing, die Ventilklappen sind aus Gummi hergestellt.

Nach Devillez[3]) wurde in Amerika vorgeschlagen, zwei Tunnels, mit Cement gemauert, von grösserer Länge (z. B. 100 m) herzustellen, in den Stirnwänden an beiden Enden dieses Tunnels Saug- und Druckventile anzubringen und in demselben durch Zugseile aus Eisendraht, welche auf Trommeln abwechselnd auf- und abgewunden werden, zwei auf 4 Rädern laufende Karren bewegen zu lassen, an welchen Kolben befestigt sind, die sich an die cementirten Innenwände des Tunnels luftdicht anschliessen. Die grosse Länge der letzteren würde aber eine solche Anlage sehr kostspielig machen; der Vortheil derselben wäre nur die geringe Zahl Kolbenläufe in gegebener Zeit.

Zu den Kolbenmaschinen wären endlich auch die Compressoren zu rechnen, indem die von denselben gelieferte, zum Betrieb von Gesteinsbohrmaschinen, unterirdischen Förder- und Wasserhaltungsmaschinen verbrauchte Luft in die Grubenräume ausgeblasen wird. Diese Luft reicht indessen für den Wetterwechsel nicht aus und erzielt nur eine Verstärkung desselben. Aehnlich dient die bei der pneumatischen Förderung von Blanchet[4]) verwendete Luft, welche in ziemlich grosser Menge in die Grube strömt oder aus derselben gesaugt werden kann, als Mittel zur Ventilation.

Separatventilation mit Kolbenmaschinen. Zur Separatventilation (s. S. 140) wird öfters stark comprimirte Luft verwendet, welche wieder von den für andere Zwecke dienenden Compressoren oder, jedoch seltener, von besonderen Kolbenmaschinen geliefert wird.

Eine grössere Spannung der Luft kann bei langer und enger Rohrleitung wegen der Bewegungshindernisse nothwendig werden, doch auch

---

1) Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 101.
2) Zeitschr. deutscher Ing. 1882, 26. Bd., S. 615.
3) Ventilation des mines, S. 387.
4) v. Hauer's Fördermaschinen, 3. Aufl., S. 718.

wegen anderer Rücksichten als vortheilhaft erscheinen. Das Ausströmen stark verdichteter Luft erzielt eine starke Abkühlung und ist daher an Betriebspunkten, wo eine hohe Temperatur herrscht, angezeigt. Die comprimirte Luft hat ein kleineres Volum und erfordert daher bei gegebener Geschwindigkeit einen kleineren Durchmesser der Leitung, was für vorübergehenden Betrieb wegen geringer Anlagekosten zweckmässig ist. Beim Auftreten schlagender Wetter könnte man einzelnen Betriebspunkten rasch soviel comprimirte Luft zuführen, als zur Hervorbringung eines unexplodirbaren Gasgemenges nothwendig ist.[1]) Andererseits ist die Verwendung solcher Luft sehr unökonomisch, weil die zur Verdichtung erforderliche Arbeit der erzeugten Spannung proportional ist und daher bei hoher Spannung der grösste Theil der Betriebskraft zur Verdichtung der Luft aufgewendet wird, während zur blossen Fortbewegung derselben der andere, weit kleinere Theil genügen würde; dabei kann doch nur wenig Luft an die betreffenden Orte geschafft werden, wenn man nicht mehrere grosse Compressoren aufstellen will.

Die Benützung von Kolbenmaschinen ausschliesslich zur Separatventilation ist verhältnissmässig selten, und es sollen nur einige diesbezügliche Fälle erwähnt werden. Zu Saarbrücken[2]) wurde eine kleine Kolbenmaschine für Handbetrieb mit einem Zinkcylinder von 0·60 m Weite verwendet, auf Grube Gewalt eine solche mit einem Gusseisencylinder von 0·16 m Durchmesser und 1 m Länge, deren Kolben durch ein kleines Wasserrad in Bewegung gesetzt wurde. Auf der Steinkohlengrube zu Bockwa[3]) ist ein Compressor aufgestellt, der gewöhnlich eine Spannung von 1·5 Atm. erzeugt, welche bis auf 3 Atm. gesteigert werden kann, und von welchem die Luft durch Leitungen mit Durchmessern von 12·5 bis herab zu 1·5 cm den einzelnen Betriebspunkten zugeführt wird; an letzteren verminderte sich die Temperatur durch Herstellung dieser Ventilation von 30 auf 24^{0}. Auf der Steinkohlenzeche Mont Cenis in Westphalen wurde eine grosse, nur zur Ventilirung einzelner Betriebspunkte bestimmte Luftcompressionsmaschine in Gang gesetzt.

Dient die Compressorluft hauptsächlich für andere Zwecke, so ist die Verwendung eines Theiles derselben zum Wetterwechsel eher am Platze, weil dann von den Kosten der Anlage selbst nur ein Theil der Ventilation zur Last fällt. Die directe Ausströmung der Luft an den zu ventilirenden Stellen ist dessen ungeachtet noch immer in Bezug auf den Kostenpunkt unvortheilhaft und die Einschaltung z. B. eines Strahl-

1) Vergl. Jičinsky, Jahrbuch der Bergakademieen 1870, 19. Bd., S. 211.
2) Preuss. Zeitschr. 1860, 8. Bd., S. 196.
3) Freiberger Jahrbuch 1879, S. 129.

apparates in den Luftstrom, wodurch der letztere beträchtlich vermehrt werden kann, rationeller.[1])

Von einer Besprechung der Compressoren, welche doch nur selten ausschliesslich zum Wetterwechsel dienen, muss hier abgesehen und auf die Werke über Bergbaukunde und Bergwesensmaschinen verwiesen werden, in welchen diese Maschinen behandelt sind.

Rotirende Kolbenmaschinen. Fabry's Ventilator.

Der Kolben, d. h. der unmittelbar auf die Luft wirkende Bestandtheil der Ventilationsmaschine kann statt der hin- und hergehenden auch eine drehende Bewegung erhalten. Derart sind die Ventilatoren von Fabry, Lemielle u. A. ausgeführt, welche Apparate daher rotirende Kolbenmaschinen, auch Wetterräder genannt werden. Dieselben unterscheiden sich von den gewöhnlichen Kolbenmaschinen auch durch das Wegfallen der Ventile, von den Centrifugal-Ventilatoren dadurch, dass die Fliehkraft keinen Einfluss auf die Bewegung der Luft nimmt. Durch Umkehrung der Drehung werden sie aus saugenden in blasende Maschinen verwandelt, welcher Umstand jedoch nur in einzelnen Fällen von Nutzen ist.

Auch die rotirenden Kolbenmaschinen sind Volum-Ventilatoren und das Verhalten derselben ist dem der Maschinen mit geradlinig bewegten Kolben ähnlich; sie geben den grössten Wirkungsgrad bei engen Gruben, für welche sie selbst jetzt noch hier und da den Centrifugal-Ventilatoren vorgezogen werden. Die Construction ist jedoch eine complicirtere, besonders wenn ausser der Drehung des ganzen Rades noch abweichende Bewegungen einzelner Theile vorkommen, wie bei Lemielle's Ventilator. Die Luftverluste wachsen erfahrungsmässig in gleichem Verhältnisse mit der Luftmenge, daher der Windeffect bei grossen Apparaten sich nicht höher stellt, als bei kleinen.

Da die Umdrehungszahl der rotirenden Kolbenmaschinen gering ist, erfolgt deren Betrieb meistens durch Dampfmaschinen ohne Transmission.

Princip der Fabry'schen Ventilatoren. Man denke sich zwei ineinandergreifende Zahnräder $r r_1$ (Fig. 286) zum Theil in einen feststehenden Behälter b eingepasst, dessen Grundriss Fig. 287 darstellt, und der aus zwei verticalen Wänden mit einem gekrümmten Boden besteht, in welchen das Rohr s mündet. Der Anschluss der Kopf- und Stirnflächen der Zähne an die Wände des Behälters b sei ein luftdichter. Bewegen sich die Räder in der Richtung der Pfeile, so schliesst jeder Zahn z, so-

1) Hier und da werden auch Ventilatoren durch comprimirte Luft betrieben, wie z. B. in der Grube Heinitz bei Saarbrücken. Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 241.

bald er mit der Bodenfläche von *b* in Berührung kommt, das in der vorausgehenden Lücke *l* befindliche Luftquantum ab und führt dasselbe nach aussen. Dem Raume *A* wird daher fortwährend Luft entnommen; hingegen schliesst jeder Zahn z_1, sowie er mit dem nebenliegenden z_2 des anderen Rades in Eingriff kommt, ein Volum *v* ab und führt dasselbe nach *A* zurück. Jeder Zahn der beiden Räder entnimmt mithin dem Raume *A* ein Luftvolum $l-v$, es findet durch das Rohr *s* beständiges Nachströmen von Luft statt, und setzt man dieses Rohr mit der zu ventilirenden Strecke in Verbindung, so wirkt der Apparat als saugende Wettermaschine. Die bei jeder Umdrehung fortgeführte Luftmenge wird um so grösser, je grösser die radiale Länge der Zähne ist; um so geringer wird zugleich die Zahl der Zähne, bei welcher der Eingriff möglich bleibt. Dagegen ist die Luftmenge pro Umdrehung unabhängig von der Form der Zahnflanken; denn nimmt man an einer beliebigen nicht zum Eingriffe kommenden Stelle der letzteren einen Theil der Zahnmasse weg, so wird dadurch das Volum *l* der Lücke, um ebensoviel aber auch das zurückgeführte Volum *v* vergrössert.

Professor Reuleaux nennt die Apparate dieser Art Kapselräder. Unter denselben kamen zuerst die Fabry'schen Ventilatoren zu ausgedehnter Anwendung für Gruben. Das Princip derselben ist der Maschine von Murdock entlehnt, welche 1799 bekannt wurde und bei der jedes Rad 6 Zähne enthielt, welche bis nahe zur Nabe des anderen Rades reichten.[1])

Bei Fabry's Ventilator hat jedes der beiden Räder gewöhnlich 3, seltener blos 2 Zähne, welche eine grössere Länge erhalten können; die Zahnflanken sind nur so weit ausgeführt, als sie mit einander in Eingriff kommen, und mit radialen Wänden verbunden, welche den eigentlichen Zahnkörper bilden; endlich sind, da bei so geringer Zahnzahl der Betrieb eines Rades durch das andere sehr ungünstig wäre, an den beiden Wellen zwei gewöhnliche im Eingriff stehende Zahnräder mit gleichen Theilkreisdurchmessern befestigt, deren eines von der Kraftmaschine bewegt wird.

Construction. Fig. 281 stellt einen durch eine Dampfmaschine betriebenen Fabry'schen Ventilator im Verticalschnitt dar; Fig. 283 ist der in kleinerem Massstabe gezeichnete Grundriss der Anordnung. Auf den Wellen ww_1 sind je zwei gusseiserne Armsterne aufgekeilt, aus einer Nabe und drei kreuzförmigen Armen *wa* bestehend; an den Enden der Querstücke *dn* befinden sich gekrümmte Ansätze. Sämmtliche Armtheile *wa* und *dn* sind mit Rippen versehen und auf diesen Bretter- oder

1) Devillez, Ventilation des mines, S. 383.

Blechwände festgeschraubt, deren Ebenen parallel zur Drehungsachse w liegen. Desgleichen befinden sich an den Endstücken bd solche Wände in Form von Cylindern, deren Grundlinien Epicycloiden sind und deren Erzeugende ebenfalls parallel zur Achse w liegen.

Die Räder bewegen sich in einem unten aus Mauerwerk, oben aus gusseisernen Rahmen mit Bretterverschalung bestehenden Gehäuse. Ein ganz gemauertes Gehäuse ist vorzuziehen, nur können dann die Räder nicht so leicht ausgehoben werden. Die an den Radarmen befestigten Wände müssen sich möglichst dicht schliessend, doch ohne wirkliche Berührung, an den verticalen Innenflächen und dem Boden des Gehäuses bewegen. Das Mauerwerk wird daher mit einer Cementschicht überzogen und diese durch Schablonen geglättet, wobei die bereits eingehängten Räder benützt werden können. Die Saugstrecke mündet in einen oben offenen Kanal s am Boden des Gehäuses. Ausserhalb des letzteren sind an den Wellen $w w_1$ (Fig. 283) zwei gleich grosse ineinandergreifende Stirnräder $z z_1$ befestigt, deren eines z_1 von der liegenden Dampfmaschine M bewegt wird.

Die beiden Ventilatorräder wirken in der oben angegebenen Art wie Zahnräder, von deren Zahnflanken nur die Theile $b d$ (Fig. 281) ausgeführt sind und die für den Eingriff nothwendige Form besitzen. Jeder Zahn bewegt bei jeder Umdrehung ein Luftvolum $a w g$ aus dem Gehäuse fort und ein kleineres $c d e f w$ zurück, so dass aus der Strecke fortwährend gesaugt wird.

Die Räder haben doppelte Punktverzahnung; Fig. 282 zeigt den Eingriff zweier Zahnflächen $a b$ und $c d$. Die Zahnflächen $a b$ und $a_2 c_2$ sind an der Welle w, $a_2 d_2$ und $c d$ an w_1 fest. Die Berührung zwischen $a_2 b_2$ und $a_2 c_2$ hört eben auf, während die zwischen $a b$ und $c d$ beginnt. Zuerst gleitet die Kante a der Fläche $a b$ längs $c d$ gegen d hin und erreicht ihre äusserste Stellung a_1, wenn sie die Verbindungslinie $w w_1$ der beiden Achsen trifft; zugleich kommt $c d$ nach $c_1 d_1$ und d_1 fällt mit a_1 zusammen. Von dieser Stellung an gleitet die Kante d_1 der Fläche $c_1 d_1$ längs $a_1 b_1$ gegen b_1 hin, bis $a_1 b_1$ nach $a_2 b_2$ und $c_1 d_1$ nach $c_2 d_2$ gelangt, wobei b_2 und d_2 zusammenfallen. Zugleich tritt der nächstfolgende Zahn der Welle w_1 mit der $a b$ gegenüberliegenden Fläche des Zahnes $w z$ in Eingriff, so dass beständig der Raum ober dem Saugkanal gegen aussen abgeschlossen ist.

Es lässt sich nachweisen, dass bei gleicher Winkelgeschwindigkeit beider Räder stets Berührung zwischen den Zähnen stattfindet, wenn die Linien $a b$ und $c d$ Epicycloiden sind, wobei t der Erzeugungs- und t_1 der

Grundkreis für $c\,d$ und umgekehrt t_1 der Erzeugungs- und t der Grundkreis für $a_1\,b_1$ oder $a\,b$ ist.

Berechnung.[1] Die Dimensionen eines Fabry'schen Ventilators, der eine gegebene Luftmenge pro Secunde fortschaffen soll, ergeben sich wie folgt. Bei einer Umdrehung schiebt jede Wand $w\,a$ (Fig. 281) der beiden Räder ein Luftvolum $a\,w\,g$ gleich $1/_3$ des Cylinders fort, dessen Halbmesser gleich der radialen Länge R und dessen Länge gleich der parallel zur Achse gemessenen Breite b der Wand $w\,a$ ist. Bei einer ganzen Umdrehung beider Räder wird daher ein Volum

$$M_1 = 6\,\overline{w\,a\,g} = 2\,\pi\,b\,R^2$$

fortgeschafft. Hingegen strömen 6 Prismen Luft von der Länge b und dem Querschnitt $w\,f\,e\,d\,c$ in den Saugraum zurück. Verlängert man die Querwände $n\,d$, $d\,e$ u. s. w. bis zu ihren Durchschnittspunkten, so erhält man das in Fig. 281 punktirte Sechseck, und das rückströmende Luftvolum M_2 ist gleich b multiplicirt mit der doppelten Fläche dieses Sechseckes oder mit der 24fachen des Dreieckes $w\,c\,d$, mithin

$$M_2 = 24\,b\,.\,\overline{w\,c\,d} = 12\,b\,.\,w\,c\,.\,c\,d.$$

Setzt man $w\,c = r$, so wird

$$M_2 = 12\,b\,r\,.\,r\,tang\,30^0 = 6{\cdot}929\,b\,r^2.$$

Der Strecke wird mithin pro Umdrehung nur das theoretische Volum

$$M = M_1 - M_2 = 2\,\pi\,b\,R^2 - 6{\cdot}929\,b\,r^2 = 2\,\pi\,b\,R^2\left(1 - 1{\cdot}103\,\frac{r^2}{R^2}\right)$$

entnommen.[2] Bezeichnet nun φ den Windeffect, so ist $\varphi\,M$ das wirkliche Volum pro Umdrehung; sei ferner m das wirkliche Volum in 1 Secunde, v die Umfangsgeschwindigkeit der Armenden a (Fig. 281), so ist

$$\frac{m}{\varphi\,M} = \frac{v}{2\,R\,\pi},$$

$$m = \frac{\varphi\,v\,M}{2\,R\,\pi} = \varphi\,v\,\frac{b}{R}\,R^2\left(1 - 1{\cdot}103\,\frac{r^2}{R^2}\right),$$

und hieraus folgt

$$R = \sqrt{\frac{m}{\varphi\,v\,\frac{b}{R}\left(1 - 1{\cdot}103\,\frac{r^2}{R^2}\right)}}.$$

---

1) Wie bisher ist auch hier die Spannungsänderung der Luft vernachlässigt.

2) Devillez zieht von der Fläche des Sechseckes noch die zwischen den gekrümmten (als geradlinig betrachteten) Zahnflanken, bei d, befindlichen Flächentheile ab und erhält dadurch genauer

$$M = 2\,\pi b\,R^2 - 6{\cdot}8028\,b\,r^2.$$

Trasenster findet

$$M = 2\,\pi b\,R^2 - 6{\cdot}804\,b\,r^2.$$

Nimmt man $\frac{r}{R}$ klein, so wird auch R klein und der Apparat erhält geringe Dimensionen. Dieses Verhältniss muss jedoch eine gewisse Grenze einhalten. Denkt man sich beide Räder (Fig. 282) um 30^0 zurückgedreht, so kommt der Punkt a der Curve $a\,b$ nach a_3 und der Radarm $w_1\,x$ in die Richtung $w_1\,a_3$; damit dann das Ende des Radarmes mit dem Ende a_3 der Flügelfläche nicht collidirt, muss

$$w_1\,x < w_1\,a_3$$

oder

$$R < \sqrt{4r^2 - r^2} = r\sqrt{3},$$
$$r > 0{\cdot}577\,R$$

sein. Bei den ausgeführten Ventilatoren ist nahe

$$\frac{r}{R} = 0{\cdot}6$$

und

$$\frac{b}{R} = 1{\cdot}2 \text{ bis } 1{\cdot}8.$$

Nimmt man $\frac{b}{R} = 1{\cdot}2$, so wird

$$R = 1{\cdot}18\sqrt{\frac{m}{\varphi\,v}},\ r = 0{\cdot}6\,R,\ b = 1{\cdot}2\,R;$$

die Anzahl n Umgänge pro Minute ist

$$n = \frac{60\,v}{2\,R\pi} = 9{\cdot}55\,\frac{v}{R}$$

und die Entfernung der Achsen $2\,r = 1{\cdot}2\,R$.

Der Windeffect φ beträgt bei einer Depression von 4—5 cm Wasser 0·7, der Wirkungsgrad 0·4 bis 0·57; bei 3·4 m Durchmesser die Umgangszahl 36 bis 40, daher ist die Umfangsgeschwindigkeit $v = 6{\cdot}4$ bis 7·1 m. Nach neueren Angaben ist bei längerem Gebrauche nur eine geringere Umgangszahl, nicht mehr als 30, zulässig und sinken auch Windeffect und Wirkungsgrad.

Es sei eine Windmenge $m = 8{\cdot}75\ m^3$ pro Secunde anzusaugen. Nimmt man $\varphi = 0{\cdot}7$, $v = 6$ m, so wird nahe

$$R = 1{\cdot}7\text{ m},\ r = 1\text{ m},\ b = 2\text{ m},$$
$$n = 34,$$

die Entfernung der Achsen 2 m.

In diesen Dimensionen hat man gewöhnlich die Ventilatoren hergestellt und es ist danach auch die Zeichnung Fig. 281 ausgeführt. Soll eine grössere Leistung erzielt werden, so erhalten die Räder bei sonst ungeänderten Dimensionen die Breite $b = 3$ m.

Anwendung der Fabry'schen Ventilatoren. Zur Bewegung der beiden Räder dient statt zweier im Eingriff stehender Zahnräder oft

auch die in Fig. 288 skizzirte, allerdings complicirtere Maschinen-Einrichtung. Dabei sind an den Enden jeder Welle $w\,w_1$ zwei um 90^0 verstellte Kurbeln angebracht; zu beiden Seiten des Ventilators stehen Dampfcylinder *c*, welche mittels der Traversen *t* und Schubstangen die Räder in der Richtung der Pfeile drehen.

Die Fabry'schen Ventilatoren haben sich besonders in Belgien Eingang verschafft. In der That zeichnen sie sich gegen gewöhnliche Kolbenmaschinen durch geringere Dimensionen und Herstellungskosten, sowie durch einen höheren Wirkungsgrad aus, welcher besonders dem Wegfallen der Ventile zuzuschreiben ist. Dagegen erfordern sie eine genaue Ausführung, welche noch schwerer zu erhalten als herzustellen ist. Bei dem im Verhältniss zu den Dimensionen leichten Bau treten Formänderungen, daher Klemmungen ein, die Holzflächen verziehen sich, nach einiger Zeit des Gebrauches muss die Umgangszahl vermindert werden und nehmen die Luftverluste zu, der Windeffect sinkt und infolge dessen auch der Wirkungsgrad. Aus diesen Ursachen hat die frühere Vorliebe für diese Apparate bedeutend abgenommen.

Dessen ungeachtet sind sie in Belgien noch viel in Anwendung und werden hier und da selbst noch neu gebaut.[1]) Man schätzt bei denselben die übrigens allen Volum-Ventilatoren gemeinsame Eigenschaft, dass sie bei gegebener Umgangszahl stets ein bestimmtes Luftquantum geben, unabhängig von der Depression. Durch Hinzufügung eines zweiten solchen Ventilators zu einem bereits vorhandenen wird also, bei gleicher Tourenzahl, die Luftmenge verdoppelt. So sind am Wetterschacht von Vieille Marihaye dauernd 4, auf Gosson-Lagasse zwei Fabry's im Gange.[2])

Auch in Preussen stehen dieselben noch mehrfach im Betrieb, doch werden keine neuen mehr gebaut und die noch vorhandenen meistens nur mehr als Reserve gebraucht.

Ventilator von Roots.

Princip. Der Ventilator von Roots[3]) gehört ebenfalls in die Gruppe der Kapselräder und besteht aus zwei in Eingriff stehenden Rädern mit je zwei Zähnen. Er kommt in zwei wesentlich verschiedenen Formen vor, indem der luftdichte Abschluss entweder zwischen den Kopfflächen der Zähne des einen Rades und dem cylindrischen Kern des

---

1) Althans, Bericht der Preuss. Schlagwetter-Commission, 5. Bd., S. 76.

2) Salomon, Preuss. Zeitschr. 1886, 35. Bd., S. 227.

3) Ueber denselben hat zuerst Rittinger berichtet in seinen Mittheilungen über Berg- und Hüttenwesensmaschinen der Pariser Ausstellung 1867, S. 31, dann Dingler's polyt. Journ. 1868, 187. Bd., S. 301.

anderen Rades, oder zwischen den Flanken der Zähne beider Räder stattfindet.

1) Die erstere Art ist in Fig. 273 mit ausgezogenen Linien dargestellt. Von den zwei Zähnen jedes Rades, Kolben genannt, ist hier nur die Kopffläche *nqs* ausgebildet und durch den Arm *qt* mit dem cylindrischen Kern verbunden. Fig. 272 zeigt die Stellung nach einer Drehung beider Kolben um 45°.

Die Kopfflächen *ns* können sich höchstens über $^1/_4$ des Umfanges erstrecken; dann treffen die Enden dieser Flächen bei der Stellung Fig. 272 in *n* und *s* zusammen, die Linien *as* und $a_1 s$, welche den Berührungspunkt *s* mit den Radmitteln verbinden, sind unter 45° gegen die Verbindungslinie aa_1 der letzteren geneigt, und bezeichnet *R* den Halbmesser der Kolben, *r* den des Kernes, so wird

$$r = aa_1 - R = 2\,R \cos 45^0 - R = R(\sqrt{2} - 1),$$
$$r = 0{\cdot}414\ R.$$

Um bei gegebenem *R* ein grösseres Luftvolum zu erhalten, welches nach der unten entwickelten Formel bei kleinerem *r* zunimmt, und um die Entfernung der Achsen zu vermindern, kann man *r* auch kleiner nehmen; so ist z. B. bei dem später beschriebenen Ventilator zu Chilton

$$r = 0{\cdot}3\ R.$$

Nur müssen dabei die Stirnflächen *nqs* weniger als $^1/_4$ des Umfanges einnehmen, damit deren Kanten vor und nach Erreichung der Stellung Fig. 272 nicht in Collision kommen. Bei Stellung Fig. 273 ergibt sich dann allerdings an den Punkten *n* und *o* kein dichter Anschluss mehr zwischen den beiden Kolben, doch wird, wenn man *r* nicht allzu weit vermindert, die hieraus folgende Rückströmung geringer als die Vergrösserung des Luftvolums, welche sich durch den kleineren Werth von *r* ergibt.

Bei jeder Umdrehung schafft jedes Rad zweimal das Volum

$$\frac{(R^2 - r^2)\,\pi}{2}\,b$$

fort, wobei *b* die Breite, d. i. die zur Achse parallele Dimension der Kolben bedeutet. Beide Kolben zusammen führen daher die Menge

$$2\,(R^2 - r^2)\,\pi\,b$$

fort. Dagegen wird (Fig. 273) von jedem Kolben bei jeder Umdrehung zweimal das Volum

$$mnqtop = 2\,mnop = 2\,\frac{(R^2 - r^2)\,\pi\,b}{8} = (R^2 - r^2)\,\frac{\pi}{4}\,b$$

zurückbewegt, daher im Ganzen das Volum

$$(R^2 - r^2)\,\pi\, b;$$

die wirklich bei jeder Umdrehung gelieferte Luftmenge ist daher

$$M = 2\,(R^2 - r^2)\,\pi\, b - (R^2 - r^2)\,\pi\, b = (R^2 - r^2)\,\pi\, b.$$

Dieses Volum bleibt ungeändert, wenn man die Wände qt und ns — letztere in der Richtung gegen die Radachse — beliebig verstärkt. Es wird dadurch das von den Flügeln fortgetriebene, aber auch das zurückgeführte Quantum um die gleiche Grösse, d. i. um das Volum der Verstärkung vermindert, daher die resultirende wirklich fortgeblasene Menge die gleiche bleibt.

2) Die zweite Modification ist in Fig. 273 durch punktirte Linien angedeutet. Die Kolben-Oberflächen wälzen sich dabei aneinander ab, so dass nach $^1/_4$ Umdrehung die Punkte d und e in c zusammentreffen; oder der Bogen dqc ist mehr abgeflacht, die Wand tq ragt bei q über die Kolben-Oberfläche hinaus, so dass dieselbe noch immer an der Gehäuse-Wand ST dicht schliessend vorübergleitet, und der Umfang der Kolben ist an deren Berührungsstellen c, d, e nach Epicycloidenbögen gekrümmt, es findet daher bei c Berührung statt; nach $^1/_4$ Umdrehung trennen sich die in Verbindung gestandenen Flächen und gleichzeitig, beziehungsweise etwas früher, treten die Flächen d und e zusammen, so dass stets ein dichter Abschluss vorhanden ist. Die Construction stimmt dann ganz mit der Fabry'schen, nur dass bei der letzteren blos die zum Eingriff erforderlichen Wandtheile bei c, e u. s. w. ausgeführt, die übrigen Kolbenwände weggelassen sind.

Im ersten Falle rückt der Berührungspunkt an beiden Kolben-Umfängen continuirlich fort und es wird gar keine Luft zurückgeführt; im zweiten wird nach Drehung um 45^0 von der Stellung Fig. 273 aus ein Luftquantum zwischen den Flächen cqd und cne eingeschlossen und zurückgeführt. Bei geeigneter Form dieser Flächen ist aber die rückströmende Luftmenge so klein, dass sie vernachlässigt werden kann.

Bei der punktirten Form der Kolben ist das zurückgeführte Volum gleich Null, das wirklich bei 1 Umdrehung fortgeschaffte M_1

$$M_1 = 2\,(R^2 - r^2)\,\pi\, b - 8\, b . mncp;$$

nun ist aber

$$mncp = mncop - cop = \frac{(R^2 - r^2)\,\pi}{8} - cop,$$

daher wird

$$M_1 = 2\,(R^2 - r^2)\,\pi\, b - 8\, b \left[\frac{(R^2 - r^2)\,\pi}{8} - cop\right]$$

$$M_1 = (R^2 - r^2)\,\pi\, b + 8\, b . cop,$$

mithin grösser als der frühere Werth M.

Die in Fig. 273 punktirte Form kommt nur bei kleineren Ventilatoren vor, während die Form Fig. 272 sowohl bei grossen als bei kleinen Dimensionen verwendet wird.

Kleinere Roots'sche Ventilatoren werden besonders im Mansfeld'schen verwendet; ein derartiger Apparat, der 0·5 m^3 Luft in der Secunde lieferte, versorgte mittels einer 1800 m langen Leitung aus Asphaltröhren das Feldort eines Stollens ausgiebig mit Luft.[1] Auch in England sind dieselben in Benützung; mit grossen Dimensionen ist nur der zu Chilton ausgeführt. Für hüttenmännische Zwecke werden Roots'sche Gebläse oft verwendet, da sie als Kolbenmaschinen sich zur Erzeugung höherer Pressungen eignen.[2]

Gegen Fabry's Ventilator zeigt der besprochene den Vortheil solliderer Construction, daher grössere Dimensionen zulässig sind.

Es folgt nun die Beschreibung des erwähnten grossen Ventilators zu Chilton in Durham, dann eines kleineren Apparates für Handbetrieb.

Ventilator zu Chilton. Dieser wurde von Thwaites und Carbutt erbaut, ist seit 1877 im Betrieb und zeigt die in Fig. 263 und 264 skizzirte Anordnung.[3] Die zwei drehbaren Kolben *a* haben 7·62 m Durchmesser und 3·962 m Breite, in der Richtung der Achse gemessen. Der cylindrische Kern *b* hat 2·29 m Durchmesser. Der Kanal *A* ist mit dem Ventilationsschacht in Verbindung, die ausgeblasene Luft gelangt aus dem Ventilatorraum, der durch Wände gegen den Maschinenraum abgeschlossen ist, mittels vergitterter Seitenöffnungen der Dachaufsätze *B* ins Freie.

Die Detailconstruction der Kolben ist aus Fig. 261 und 262 zu entnehmen. Auf der Stahlwelle sind 5 Gusseisenscheiben *c* aufgekeilt, in Vertiefungen derselben Schienen *d* festgeschraubt und am äusseren, ausgeschmiedeten Ende der letzteren doppelte Winkeleisen befestigt, welche, mit 7 mm starken Blechplatten bedeckt, die gekrümmte Aussenwand des Kolbens herstellen; eben solche, am Umfange der Scheiben *c* angenietete Platten bilden die Wand des inneren Cylinders, während die Seitenwände *kk* der Kolben mit Holz verschalt sind. Die Schienen *d* sind nach Fig. 261 durch Diagonalstreben versteift.

Der Abschluss des Saugraumes *A* (Fig. 262) gegen den Blaseraum erfolgt beiderseits durch je zwei stellbare Holzblöcke *e*. Diese laufen nach der ganzen Breite der Kolben fort, sind an der Rück-, beziehungsweise Unterseite um mehrere auf eisernen Rahmen *i* gelagerte Zapfen

1) Preuss. Zeitschr. 1876, 24. Bd., S. 167.

2) Näheres darüber s. in v. Hauer's „Hüttenwesensmaschinen" nebst Supplement.

3) Proceedings of the Inst. of Mech. Engineers 1877, S. 92.

drehbar und können mittels der Schraubenmuttern *m* gestellt werden, so dass sich deren Spielraum gegen die Aussenwand der Kolben beliebig reguliren lässt. Dieser Spielraum wird auf $3^1/_2$ mm gehalten, und ebenso gross ist auch die Entfernung zwischen der Aussenwand des einen und dem cylindrischen Kerne des anderen Kolbens (bei *q*, Fig. 263), daher kein Anstreifen stattfindet und doch nur wenig Luft zurückströmen kann. Es ist indessen zweifelhaft, ob sich dieser Spielraum auf die Dauer genau erhalten lässt.

Zwischen den beiden Blöcken *e* (Fig. 262) ist das Gehäuse mit Cement verputzt, der Abstand dieser Fläche gegen die Aussenwand des Kolbens jedoch ein grösserer. Die Vertiefung für die Ventilatorräder ist durch die oberen Rahmen *i* und Seitenplatten *n* eingefasst; auf letzteren sind die Lager der Ventilatorwellen befestigt und noch Gusseisenplatten *l* aufgesetzt, welche bis über den Scheitel der cylindrischen Kerne heraufragen. Die dem Ventilator zugekehrten Flächen der Platten *l* sind glatt gehobelt und genau bündig mit der ebenfalls vollkommen geglätteten Innenwand der Ventilator-Grube montirt. Dadurch ist der Raum unter den Rädern auch an den Stirnseiten der letzteren bis auf eine Fuge von $3^1/_2$ mm abgeschlossen.

Zur Bewegung der Kolben dient nach Fig. 264 eine Zwillings-Dampfmaschine, welche durch Kegelräder von 2·84 m Durchmesser die beiden Wellen betreibt. Die Rahmen der Dampfcylinder sind mit den Rahmen *n* in Verbindung. Die Cylinder haben 0·713 m Durchmesser und 1·22 m Hub, die Tourenzahl der Maschine und der Kolben beträgt bis 32 in der Minute. Ist eine geringere Tourenzahl erforderlich, so lässt man nur einen der beiden Dampfcylinder arbeiten und hält den anderen in Reserve. Dann muss aber aus dem bei Kraft's Ventilator auf S. 111 angeführten Grunde ein Schlagen der Zähne eintreten, da die Ventilatorräder abwechselnd getrieben werden und selbst treibend wirken.

Das bei jeder Umdrehung gelieferte Luftvolum ist nach dem Vorigen

$$M = (R^2 - r^2)\,\pi\, b,$$

wobei R den äusseren und r den Halbmesser des Kernes, b die in der Richtung der Achse gemessene Breite der Kolben bedeutet. Nach den angeführten Dimensionen ergibt sich

$$M = 164 \text{ m}^3,$$

daher ist die theoretische Luftmenge bei 32 Umdrehungen in der Minute gleich 5250 m³.

Nach Versuchen soll die wirklich gelieferte Luftmenge 96·7 bis 100 Proc. der theoretischen, ja bei 37 Umgängen sogar 114 Proc. der letzteren betragen haben, welches Ergebniss jedoch bezweifelt werden

muss, denn es lässt sich keine Erklärung dafür finden. Wenn das Volum der angesaugten Luft 1·14 mal grösser wäre, als das theoretische, so müsste sich die Luft beim Eintritt in den Apparat verdichten, was nicht anzunehmen ist; deren Volum müsste im Raume *A* (Fig. 263) 1·14 mal so gross sein, als im Rade, und wenn dort atmosphärische Spannung herrscht, müsste die Spannung in *A* gleich

$$\frac{1}{1{\cdot}14} = 0{\cdot}877 \text{ Atm.},$$

also die Depression gleich

$$(1 - 0{\cdot}877)\ 10 = 1{\cdot}23 \text{ m Wasser}$$

sein, während dieselbe nur bis rund 0·2 m Wasser betrug. Es scheint also die Messung der Luftgeschwindigkeit eine unrichtige gewesen zu sein. Dieselbe erfolgte mittels Biram's Anemometer an 10 Stellen des Querschnittes des Saugkanales, aus welchen 10 Ablesungen das arithmetische Mittel genommen wurde; in der That differirten die einzelnen Ablesungen vom ein- bis zum dreifachen Werthe.

Die Depression betrug bei 8 bis 37 Touren 3·2 bis 19·7 cm Wasser; für die untenstehenden Tourenzahlen fand man Depression und Wirkungsgrad, d. h. das Verhältniss zwischen der reinen Leistung und der indicirten Arbeit der Dampfmaschine wie folgt:

Tourenzahl	12	13	18	21
Depression cm	7·0	10·3	12·7	10·6
Wirkungsgrad	0·56	0·77	0·64	0·51.

Bei Versuchen, welche eine Commission von englischen Ingenieuren im Jahre 1880 abführte [1]), ergaben sich dagegen folgende Resultate, welche zu keinen Zweifeln Anlass geben:

Tourenzahl	16·71	17·28
Depression cm	8·23	8·36
Wirkungsgrad	0·466	0·478,

ferner die gemessene Luftmenge gleich 86·3 Proc. der theoretischen.

Auch die letzteren Ergebnisse sind noch immer so befriedigend, dass der Roots'sche Ventilator in dieser Beziehung unter den Kolbenmaschinen eine hervorragende Stelle einnimmt. Als Vortheil ist die Regulirbarkeit des Spielraumes der Kolben gegen die Gehäusewand mittels der beweglichen Holzklötze zu bezeichnen, während allerdings der Spielraum zwischen dem Umfange des einen und dem Kerne des anderen Kolbens nicht justirt werden kann. Ungeachtet seiner guten Leistungen hat indessen der Apparat doch keine weitere Nachahmung gefunden,

1) Murgue, Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 689.

was in der complicirteren Einrichtung mit zwei drehbaren Rädern statt des einen der Centrifugal-Ventilatoren, sowie in der schwierigeren genauen Ausführung seinen Grund haben dürfte.

Handventilator von Mohr und Federhaff. Von der Fabrik Mohr und Federhaff in Mannheim werden compendiös und für den Gebrauch wie für den Transport bequem construirte Ventilatoren nach Roots' Princip ausgeführt. Fig. 277 zeigt einen solchen Apparat im Querschnitt nach der gebrochenen Linie *ABCD* der Fig. 279, Fig. 278 im Längenschnitt, zum Theil Seitenansicht, Fig. 280 im Grundrisse; Fig. 279 ist der Horizontalschnitt des Gehäuses und die Oberansicht des um 45^0 gegen Fig. 277 gedrehten unteren Kolbens, wobei die Antriebräder und die eine Stirnwand des Gehäuses weggelassen sind.

Die Kolben bestehen aus je zwei diametral gegenüberstehenden cylindrischen Wänden *w* (Fig. 277), welche nahe $^1/_4$ des Umfanges einnehmen und durch eine ebene Wand *n*, sowie durch je drei in der Mitte und an beiden Enden befindliche Rippen *r* mit den hohlen Kernen verbunden sind; die Wände der letzteren sind an beiden Enden so weit gegen innen verstärkt, dass dadurch die Naben zum Aufkeilen auf den Wellen gebildet werden. Die Dichtung besteht aus zwei Schichten *d d* einer Mischung von Graphit und Gyps[1]), welche die Innenwand des Gehäuses bedecken und durch die rotirenden Kolben selbst so weit abgeschliffen werden, dass letztere sich mit sehr geringem Spielraum gegen die Dichtung bewegen können; auch die Kerne erhalten einen solchen Ueberzug.

Das Gehäuse ist aus zwei oben und unten gekrümmten, in der Mittelebene der Fig. 277 zusammenstossenden und durch Flantschen verbundenen Seitentheilen und zwei Stirnplatten zusammengesetzt. Die Seitentheile besitzen in der Mitte ihrer Länge Rippen und an beiden Enden Flantschen zur Verbindung mit den Stirnwänden, ferner in mittlerer Höhe Längskanale *c* zur Zu- und Abführung der Luft, welche mit runden Oeffnungen zum Anschluss des Saug- und Blaserohres versehen sind; der Apparat kann saugend oder blasend verwendet werden. Die Befestigung jener Rohre erfolgt durch Schrauben mit trapezförmigen Köpfen, welche von aussen her in die entsprechend geformten Kanäle *t* (Fig. 278 und 280) eingeschoben werden. Die Stirnplatten sind aussen durch verticale und horizontale Rippen verstärkt und enthalten die Wellenlager, welche bei *o* (Fig. 278) durch parallel zur Achse eingeschraubte Bolzen gegen Drehung gesichert sind. Die Oeffnungen *q* dienen zur Befestigung

1) Diese Zusammensetzung ist in der Preuss. Zeitschr. 1875, 23. Bd., S. 115 angegeben; die Firma Mohr & Federhaff macht keine Angabe darüber.

von Schmiervasen. An die Stirnwände schliessen sich unten 4 Füsse zur Befestigung auf einer Unterlage.

Zur Bewegung dient das mit Handkurbel versehene grosse Zahnrad, dessen feste Achse in die eine Stirnplatte eingeschraubt ist; dasselbe bewegt mittels Getriebe den unteren Kolben und dieser an der anderen Seite des Gehäuses mittels zweier gleich grosser Stirnräder *s* (Fig. 278 und 280) den oberen Kolben. Die Stirnräder sind zum Schutze gegen Beschädigung mit einer Hülle umgeben, welche durch zwei angegossene verticale, verrippte Platten *p* und Schrauben an der Stirnwand des Gehäuses befestigt ist.

Um das Ganze bequem transportiren zu können, sind am Gehäuse oben zwei und seitwärts vier drehbare Bügel *b* befestigt, welche den Apparat direct von Hand oder mittels einer durchgesteckten Stange anzufassen gestatten.

Das gezeichnete Gebläse wiegt 160 kg und liefert bei 60 Kurbel-Umdrehungen in der Minute 6·1 m³ Luft. Die Umsetzung ist eine sechsfache, daher auf jede Umdrehung der Kolben

$$\frac{6 \cdot 1}{6 . 60} = 0 \cdot 01694 \, m^3$$

Luft entfallen. Nach der auf S. 193 angegebenen Formel für die theoretische Luftmenge

$$M = (R^2 - r^2) \pi b$$

ist wegen $R = 0 \cdot 123$, $r = 0 \cdot 038$ und $b = 0 \cdot 415$ m

$$M = 0 \cdot 01784,$$

daher ergibt sich der Windeffect gleich

$$\frac{0 \cdot 01694}{0 \cdot 01784} = 0 \cdot 95,$$

was ein sehr günstiges Verhältniss wäre.

Nach den Angaben werden solche Handventilatoren für 2·33 bis 8·1 m³ Luft in der Minute, mit Lutten von 55 bis 105 mm Weite und im Gewichte von 45 bis 320 kg, sämmtlich auf 60 Umdrehungen in der Minute berechnet, ausgeführt; es wird jedoch empfohlen, dieselben für gewöhnlich nur mit $^2/_3$ dieser Tourenzahl arbeiten zu lassen.

Ventilator von Lemielle.

Diese Maschine besteht aus einer Trommel *t* (Fig. 306), welche um die feststehende Achse *a* rotirt, und an deren Umfang die Flügel oder Schaufeln $f_1 f_2 \ldots$ drehbar befestigt sind. Die Achse *a* ist, wie der Schnitt Fig. 305 andeutet, gebogen und die Flügel sind durch je zwei Stangen *s*, welche durch Schlitze in der Trommel *t* gehen, mit dem mitt-

leren Theile *b* der Achse verbunden. Rotirt die Trommel in der Richtung des Pfeiles, so nehmen die Flügel successiv die Stellungen $f_1 f_2 f_3$ u. s. w. ein; die Flügelenden beschreiben Kreise, da sie durch die Stangen *s* stets in gleicher Entfernung von der Achse *b* gehalten werden. Der Apparat ist in einem cylindrischen Behälter mit ebenen Endflächen eingeschlossen; der Kanal *S* führt in die zu ventilirende Strecke und *T* ins Freie. Zwischen je zwei Flügeln $f_2 f_3$ ist ein gewisses Luftvolum enthalten, welches aus *S* entnommen und nach *T* geschafft wird, während gleichzeitig die zurückkehrenden Flügel f_5 f_6 das dazwischen liegende kleinere Volum nach *S* zurückführen; die Differenz beider Volume ist die von jedem Flügel bei einer Umdrehung aus der Grube entfernte Luftmenge.

Die Berechnung dieser Ventilatoren[1]) ist eine ziemlich complicirte und wird hier übergangen, da dieselben doch keine Aussicht auf weitere Verbreitung besitzen.

Fig. 289 und 290[2]) stellen einen Lemielle'schen Ventilator dar, welcher bei 28 Touren und einem Windeffect von 0·7 eine Luftmenge von 8·75 m^3 in der Secunde liefert, also für gleiche Leistung wie der in Fig. 281 dargestellte Fabry'sche berechnet ist. Der Apparat befindet sich in einer gemauerten Grube; die Trommel besteht aus zwei gusseisernen Armsternen *a* mit sechseckigen Kränzen, an welchen verticale gefalzte Bretterwände *b* aus Eichenholz von 4 cm Stärke befestigt sind. Diese Wände reichen möglichst nahe an den Boden und an die obere Bretterdecke, welche den Ventilatorraum gegen aussen abschliesst. Den Träger für die Trommel bildet die gusseiserne hohle Spindel *c*; diese ist an beiden Enden gekröpft und unten in einem gusseisernen Ständer *s* verkeilt, der auf einem grossen Quader ruht. Der untere Armstern *a* dreht sich frei auf der Spindel *c*, der obere ist an der kurzen hohlen Welle *n* festgekeilt, welche in einem Fusslager am oberen Ende der Spindel *c* ruht; die letztere trägt daher den oberen Armstern *a* und dieser mittels der Bretter *b* den unteren Armstern. Die Welle *n* geht durch ein Halslager, das an dem Rahmen *r* der liegenden Dampfmaschine *d* befestigt ist, welche eine an der Welle *n* befindliche Kurbel, somit auch die Trommel in Umdrehung setzt.

Die Flügel *f* (Fig. 290) sind mit den vorspringenden Ecken der Armsterne *a* durch Charniere verbunden; sie bestehen aus verticalen gefalzten Brettern, an einem Rahmen befestigt, der aus horizontalen Eisenschienen

1) Eine solche ist gegeben in v. Hauer's „Ventilationsmaschinen der Bergwerke", S. 20, dann in Devillez, Ventilation des mines.

2) Die Construction ist ausgeführt nach Bull. soc. ind. min. 1857, 3. Bd., Taf. 7—9.

und zwei längs der verticalen Flügelränder herablaufenden Gusseisenplatten zusammengesetzt ist, von welchen die der Trommel zunächst liegende wegen dichteren Schlusses cylindrisch abgerundet ist. Aus letzterem Grunde sind auch die Drehpunkte der Leitstangen *l* etwas von den Flügelenden zurückgerückt; die Verbindung der Stangen *l* mit der Spindel *c* ist ähnlich wie die der Excenterstangen mit den Wellen bei Dampfmaschinen hergestellt. Die Schlitze in der Trommelwand *b* (Fig. 292), durch welche die Lenkstangen *l* gehen, sind durch horizontal aufgenagelte Leisten *p* eingefasst und durch zwei Lederstreifen *q* gedeckt, welche der Stange *l* das nöthige Spiel gewähren, vor und hinter derselben jedoch dicht aneinander schliessen.

Die Dampfmaschine ruht, wie bemerkt, auf dem Fundamentrahmen *r* (Fig. 289), welcher den Raum für den Ventilator überbrückt; die Bewegung des Schiebers erfolgt durch eine Gegenkurbel; als Schwungrad wirkt das Ventilatorrad selbst. Die Anordnung der Maschine zeigt Fig. 291 im Grundrisse. Die Kolbenstange *h* ist durch eine Traverse *o* und zwei Stangen mit einer zweiten Traverse *u* verbunden, in deren Mitte sich das Lager für den Zapfen der Kurbel *k* befindet; *g* ist die Gegenkurbel zur Bewegung des Dampfschiebers. Die Kolbenstange setzt noch die zwei Speisepumpen *i* in Thätigkeit. Bei dieser Construction nimmt die Maschine eine so geringe Länge ein, dass sie auf der Mauerung des Ventilatorraumes fundirt werden kann. Die Innenwand und der Boden des letzteren erhalten einen Anwurf aus Mörtel, mit Kuhhaaren gemengt; die Flügel des bereits aufgestellten Ventilators werden als Schablone zur Glättung des partienweise aufgetragenen Mörtels benützt. Dadurch erhält das Gehäuse den genau richtigen Querschnitt, welcher etwas vom kreisförmigen abweicht, weil die äusseren Drehpunkte der Stangen *l* (Fig. 290) nicht mit den Endpunkten der Flügel *f* zusammenfallen. Die cylindrische Mauerung besteht aus Ziegeln oder Quadern und hat 0·6 m Dicke, weil sie zugleich als Fundament für die Dampfmaschine dient.

Die Lemielle'schen Ventilatoren wurden zum Theil in grossen Dimensionen hergestellt. Der grösste scheint in England ausgeführt zu sein; er zeigt einen Halbmesser, d. h. eine Länge der Lenkstangen *l* (Fig. 290) von 3·55 m und eine Höhe der Flügel von 10 m[1]); ferner sind solche mit 2·25 m Halbmesser und 7 m Höhe, dann mit 3 m Halbmesser und 5 m Höhe in Verwendung. Zu den gewöhnlicheren Dimensionen, welchen auch die Zeichnung Fig. 289 und 290 entspricht, gehören 2 m Halbmesser und 2·5 bis 3 m Höhe.

---

1) Glépin, Revue universelle 1876, 39. Bd., S. 77.

Die Construction wurde in mehrfacher Art modificirt. So hat man die Flügel, um sie haltbarer zu machen, aus Blech angefertigt, die Trommel aus Eichenbrettern, rund statt prismatisch und dabei die Flügel entsprechend gekrümmt ausgeführt, am oberen und unteren Ende der Trommel einen hydraulischen Verschluss (wie bei Kraft's Ventilator) angebracht[1]); wo die Lenkstangen durch die Trommelwand gehen, wurde statt der Lederstreifen eine Platte angelegt, welche sich in einer an der Aussenwand der Trommel befestigten Führung hin und her bewegt u. s. w.

Was die Leistungen dieser Apparate betrifft, so ist nach Devillez[2]) der Windeffect $\varphi = 0{\cdot}73$ bis $0{\cdot}84$, das Verhältniss ε der reinen Leistung zur indicirten Arbeit des Dampfes $0{\cdot}5$ bis $0{\cdot}6$, welche letztere Ziffer schwer zu erreichen ist. Glépin fand für ε den Werth $0{\cdot}75$[3]), der ganz ausserordentlich hoch ist, Murgue[4]) erhielt $\varepsilon = 0{\cdot}55$ und $\varphi = 0{\cdot}77$. Bei Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission ergab sich für einen alten Ventilator sogar nur $\varepsilon = 0{\cdot}234$ und $\varphi = 0{\cdot}44$.

Die Urtheile über den Lemielle-Ventilator stimmen im Allgemeinen darin überein, dass wegen der complicirteren Construction, der zahlreichen und versteckten Gelenke ein dauernd guter Gang, wenn ein solcher auch anfänglich vorhanden ist, für die Dauer nicht zu erhalten sei und die Leistungen daher bei längerem Gebrauch immer geringere werden. Die Fliehkraft zieht die Trommel stets gegen die Seite des am weitesten geöffneten Flügels, was eine starke Seitenbewegung der oben nur unvollkommen durch die Kurbelwelle gehaltenen Achse bewirkt. Der Apparat ist unbequem zu schmieren.[5]) Oefters entstehen Störungen durch Brüche kleinerer Theile, Abreissen oder Senkung der Flügel, allmälige Dehnung der Lenkstangen; die ausführbare Tourenzahl wird nach und nach immer kleiner. So erklärt sich, dass diese Apparate, welche in den ersten Jahren ihres Gebrauches befriedigende Resultate gaben und daher viele Nachahmung fanden, nach einiger Zeit ihren Ruf einbüssten und jetzt hauptsächlich nur mehr als Reserve verwendet werden.

Ausser den bisher beschriebenen sind eine grössere Zahl von rotirenden Maschinen construirt worden. Von denselben sollen noch einige, welche für Ventilationszwecke benützt oder vorgeschlagen wurden, hier Erwähnung finden.[6])

1) Bull. soc. ind. min. 1882, 11. Bd., S. 588 u. 632.

2) Ventilation des mines, S. 456 u. 464.

3) Revue universelle 1876, 39. Bd., S. 62.

4) Comptes rendus soc. ind. min. August 1877, S. 3; November 1877, S. 15.

5) Devillez, S. 464. — Bull. soc. ind. min. 1882, 11. Bd., S. 634.

6) Mehrere rotirende Kolbenmaschinen sind auch in v. Hauer's „Hüttenwesensmaschinen" und dem Supplement dazu beschrieben; eine grössere Zahl in Dingler's polyt. Journ. 1884, 253. Bd., S. 1.

Sonstige rotirende Kolbenmaschinen.

Ventilator von Evrard. Diesen zeigt Fig. 301.[1]) Darin sind *a* und *b* zwei in dem Gehäuse *g* rotirende Cylinder, welche gleiche Umfangsgeschwindigkeit erhalten. An *a* sind vier radiale Flügel *f*, an dem Cylinder *b*, der den halben Durchmesser von *a* besitzt, zwei nach verlängerten Epicycloiden gekrümmte Ausschnitte *c d* angebracht. Rotiren beide Räder in der Richtung der Pfeile, so schaffen die Flügel *f* aus dem Saugkanal *s* bei einer Umdrehung des grösseren Cylinders ein Luftvolum fort, dessen Querschnitt ringförmig ist und die Flügellänge zur radialen Dimension hat; gleichzeitig beschreibt der kleinere Cylinder *b* zwei Umdrehungen und führt an der entgegengesetzten Seite vier Luftvolume vom Querschnitt der Lücke *c* oder *d* fort. Hingegen wird an der Berührungsstelle beider Cylinder durch jeden Flügel *f n* ein Volum *f n c o*, bei weiterer Drehung, sobald die Lücke *c* in die punktirte Stellung c_1 gelangt ist, durch die Kante n_1 dieser Lücke ein ebenso grosses Volum $f_1\ n_1\ c_1\ o_1$ abgeschlossen und zurückgeführt. Die bei jeder Umdrehung des grossen Cylinders zurückgeführte Luftmenge hat also den 8fachen Querschnitt *f n c o*. Bei gleicher Luftlieferung erhält der Apparat, da das Innere der Cylinder einen todten Raum bildet, grössere Dimensionen als der Fabry'sche. Vortheilhaft ist dagegen, dass die Flügel wegen ihrer geringen Länge schneller rotiren können.

Ventilator von Fournier und Levet. Dieser[2]) besteht nach Fig. 307 aus einer rotirenden Trommel *b* und zwei Flügeln *f*, welche am mittleren Theile der festen hohlen Spindel drehbar aufgesteckt, durch Schlitze in der Wand der Trommel geführt sind und von der letzteren direct ihre Drehbewegung erhalten. Die Flügel verschieben sich in der Trommelwand abwechselnd gegen die eine und die andere Seite. Dieses Princip ist schon längst bei Pumpen, wie auch bei Gebläsen zur Ausführung gekommen, wird aber bei grossen Dimensionen ähnliche Uebelstände ergeben, wie der Lemielle'sche Apparat. Ueber eine wirkliche Ausführung desselben ist nichts weiter bekannt geworden.

Ventilator von Baker. Der Baker'sche Ventilator, welcher als Hüttengebläse in England und Amerika ziemliche Verbreitung besitzt, besteht nach Fig. 309 aus drei in einem Gehäuse eingeschlossenen Walzen *a b c*, von welchen die obere, durch die Kraftmaschine getriebene die beiden unteren mittels Zahnräder-Umsetzung bewegt. Die obere Walze enthält zwei Flügel *f f*, die unteren, welche doppelt soviel Umgänge beschreiben, je einen Schlitz von genügender Breite, so dass die Flügel *f*

---

1) Rittinger, Mittheilungen über die Pariser Ausstellung 1867, S. 30.

2) Im Modell ausgeführt, s. Comptes rendus soc. ind. min. 1882, S. 91.

in dieselben ein- und wieder austreten können; die Flügel kommen dabei mit den Wänden der Cylinder *b c* nicht in Berührung. Die letzteren besitzen nur Endzapfen statt durchgehender Wellen. Die obere Walze schliesst sich an die unteren, und diese gleiten seitlich an einer Dichtung, so dass der Raum *e*, aus welchem die Luft gesaugt wird, gegen das Ausblaserohr *g* entweder durch einen oder beide Cylinder *b c* abgeschlossen ist. Durch die Flügel wird die Luft von *e* ober *a* nach *g* bewegt.

Die Einrichtung, welche es ermöglicht, dass die Flügel *f* den zum Abschluss zwischen *e* und *g* nothwendigen Apparat, also die Walzen *b c* passiren können, ist gewiss sinnreich combinirt, allein dieser Abschluss selbst wird dadurch unvollständig, denn sowie der Schlitz der Walze *b* sich gegen *g* hin öffnet, tritt ein Theil der verdichteten Luft aus *g* in die Höhlung von *b* und gelangt bei weiterer Drehung zuerst nach *c* und dann zum Saugrohr *e* zurück. Bei geringem Spannungsunterschied ist dieser Verlust allerdings nicht gross.

Nach Versuchen von Howe[1]) soll indessen die erforderliche Betriebskraft weit grösser sein, als für einen Centrifugalventilator. Zwei solche Gebläse[2]), deren eines 100, das andere 60 Cubikf. Luft bei jeder Umdrehung liefert und welche 100 und 120 Touren in der Minute verrichten, sind bei einer Grube am Caspisee in Verwendung.

Coke's Ventilator. Dieser[3]) besteht aus einem Cylinder *a* (Fig. 294), welcher in dem Gehäuse *c* um die excentrische Achse *b* in der Richtung des Pfeiles rotirt. *A* ist die Saug- und *B* die Blaseöffnung. Eine drehbare Klappe *d* wird durch eine Kurbel derart bewegt, dass sie sich stets dicht an den Cylinder *a* und während eines Theiles von dessen Umdrehung auch an die untere Wand von *A* schliesst. Das bei jeder Umdrehung angesaugte Luftvolum ist nahe gleich dem Unterschied zwischen den Volumen des Gehäuses *c* und des Cylinders *a*. Der dichte Anschluss der Klappe *d* wäre übrigens auch durch einen an deren Achse angebrachten Hebel mit Gewicht zu erreichen. Die Vorrichtung ist eine sehr einfache.

Bei einem ausgeführten solchen Apparat hat[4]) der rotirende Kolben 2·51 m Durchmesser, 5 m Länge und 0·628 m Excentricität; das Gehäuse besitzt daher $2{\cdot}51 + 2 \,.\, 0{\cdot}628 = 3{\cdot}766$ m Durchmesser. Der Flügel *d* hat einen Hebelsarm von 1·883 m. Das Gehäuse ist innen mit Gyps verkleidet, der Cylinder *a* besteht aus gusseisernen Nabenstücken mit einer daran befestigten Blechhülle.

Mit dem Cooke'schen Ventilator wurden von der englischen Schlag-

1) Transactions of the American Institute of Mining Engineers 1882.
2) „Iron" 1883, 21. Bd., S. 17.
3) Dingler's polyt. Journ. 1870, 197. Bd., S. 4.
4) Nach Serlo's Bergbaukunde, S. 411.

wetter-Commission Versuche abgeführt[1]); der Windeffect ergab sich dabei gleich 0·672 und das Verhältniss der reinen zur indicirten Leistung gleich 0·37; der starke Luftverlust ist der Schwierigkeit einer guten Dichtung zuzuschreiben.

Nyst's Ventilator. Obgleich dieser Apparat, soviel aus der Literatur bekannt, blos im Projecte existirt[2]), soll derselbe doch hier nicht übergangen werden, da seine originelle Construction im Princip den Vortheil darbietet, kleine Dimensionen zu verlangen.

Der Nyst'sche Ventilator besteht aus der festen Achse a (Fig. 302 und 303), auf welcher die Scheiben p und p_1 lose aufgeschoben sind, die mittels Transmission in gleichem Sinne gedreht werden. Die Mittelpunkte dieser Scheiben befinden sich in o und o_1. Die obere Scheibe p_1 ist im Grundrisse Fig. 303 punktirt angedeutet. Zwischen beiden Scheiben befinden sich vier verticale Flügel r, die mit je zwei Zapfen z und z_1 versehen sind. Die Zapfen z befinden sich an der Unter-, die Zapfen z_1 an der Oberseite der Flügel r; die ersteren sind in der Scheibe p, die letzteren in p_1 drehbar. Hiernach ist klar, dass bei einer gleichzeitigen Drehung der Scheiben $p\,p_1$ die Flügel sich stets parallel zu ihrer ursprünglichen Lage bewegen; jeder Punkt derselben legt einen Kreis zurück, dessen Halbmesser gleich ist der Entfernung vom Mittelpunkte o einer Scheibe zu den Drehungszapfen z der Flügel. Am Boden des gemauerten Behälters, der den Apparat einschliesst, ist eine kreisförmige Vertiefung angebracht, in der sich die untere Scheibe p möglichst dicht schliessend bewegt. Oben deckt eine Gusseisenplatte den Behälter. In den letzteren münden ferner die zwei Saugkanäle S (Fig. 303); B sind die Blaseöffnungen. Der Raum in der Mitte, welchen die Flügel bei ihrer Bewegung nicht durchschneiden, ist durch zwei Blechwände k ausgefüllt, welche durch Streben g gegen die Achse a gestützt sind. Um endlich an der Stelle, wo die Flügel die Spitze des Blechkernes k passiren, dichten Schluss zu erhalten, sind zwei Schieber s (Fig. 303) mit Rollen an den Enden angebracht, welche durch Federn stets gegen den Blechkern hin gedrückt und von den vorübergehenden Flügeln zurückgeschoben werden.

Die zwischen den Flügeln befindliche Luft wird durch die Oeffnungen B ins Freie geschafft, daher aus den Kanälen S, welche mit der zu ventilirenden Strecke in Verbindung stehen, fortwährend neue Luft nachströmt.

---

1) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 707.

2) Revue universelle, 7. Bd., S. 326. Eine Berechnung desselben enthalten v. Hauer's „Ventilationsmaschinen der Bergwerke", S. 29.

Es lässt sich nachweisen, dass die Querschnitte der Flügel r durch Kreisbögen begrenzt sein müssen, deren Halbmesser gleich dem Abstande von o bis z ist; dann bleibt die Aussenfläche des Flügels beim Uebergange über die Spitzen des Kernes k stets mit diesen in Berührung. Mit demselben Halbmesser sind die Wände des Kernes, sowie die des umgebenden Gehäuses zu verzeichnen. Der horizontale Abstand $z\,z_1$ der zwei Zapfen eines Flügels ist gleich der horizontalen Entfernung $o\,o_1$ der Scheibenmittelpunkte.

Die Skizze Fig. 302 und 303 ist nach den Dimensionen entworfen, welche sich für gleiche Leistung (8·75 m^3 Luft in der Secunde), den gleichen Windeffect (0·7) und gleiche Umfangsgeschwindigkeit (6 m) mit dem Lemielle'schen Ventilator (Fig. 289 und 290) und dem Fabry'schen (Fig. 281) ergeben, und in gleichem Massstabe mit diesen gezeichnet; es fallen die geringeren Dimensionen des Nyst'schen in die Augen. Hingegen dürfte der luftdichte Schluss besonders bei den Schiebern s (Fig. 303) schwer zu erhalten sein und der Mechanismus zur Bewegung der beiden Scheiben $p\,p_1$ nicht einfach ausfallen. Allerdings könnte man nur die eine Scheibe in Drehung setzen und die andere durch die Flügel mitnehmen lassen; dabei würden jedoch die Zapfen z zu sehr beansprucht sein und die Flügel zu bald aus der richtigen Stellung kommen. Daher scheint ein solcher Apparat einer complicirten äusseren Transmission zu bedürfen.

Ventilator von Jarolimek. Die Construction dieses Apparates[1]) ist nicht minder sinnreich als die des Nyst'schen Ventilators; doch wird die praktische Ausführung wenigstens bei grösseren Dimensionen ebenfalls auf Schwierigkeiten stossen.

Das Princip des Jarolimek'schen Ventilators ist folgendes. Ein Kolben PQ (Fig. 310), der um die Achse N drehbar ist, wird in einem Gehäuse SDR mit parallelen Stirnwänden so herumbewegt, dass sein Mittelpunkt N einen Kreis beschreibt und seine Mittellinie PQ stets durch den Fixpunkt C geht. Die Aussenfläche des Kolbens berührt stets die Kante E der Wand EF, welche den Saugraum S und Blaseraum D scheidet. Während die Achse N von ihrer Anfangsstellung C aus, welcher die Kolbenstellung AB entspricht, eine ganze Drehung um den Mittelpunkt O beschreibt, gelangt der Endpunkt B des Kolbens über Q und R nach A, der Endpunkt A über P und E nach B, d. h. der Kolben verrichtet eine halbe Drehung um seine eigene Achse N und schafft dabei das Luftvolum ABR aus dem Saug- in das Blaserohr.

---

1) Idee eines neuen Systems für rotirende Motoren u. s. w. von Anton Jarolimek, Official in der Tabakfabrik zu Hainburg, Zeitschr. des Oest. Ing.-Vereines 1867, S. 185.

Die ziemlich umständliche Berechnung[1]) ergibt, dass der Kolbenquerschnitt von einer Ellipse begrenzt sein muss, und dass der Endpunkt *B* desselben eine Epicycloide beschreibt, von welcher Form jedoch die Gehäusewand *B R A* etwas abweichen muss.

Die Zeichnung entspricht wieder einer Luftmenge von 8·75 m^3 in der Secunde, einer Maximalgeschwindigkeit des Kolbenendes *Q* (welche bei der Stellung *R E* der Mittellinie des Kolbens eintritt) gleich 6 m und einem Windeffect gleich 0·7, und es stellt sich eine verhältnissmässig geringe Dimension auch dieses Apparates heraus.

In der Ausführung wäre bei so grossen Dimensionen eine verticale Stellung der Kolbenachse zu empfehlen. Das Gehäuse könnte gemauert werden und eine Deckplatte aus Gusseisen erhalten. Die letztere müsste mit einer kreisrunden Oeffnung durchbrochen sein und in dieser, sowie in einer Vertiefung des Bodens je eine Scheibe von etwas grösserem Durchmesser als *C G* sich bewegen; in den Scheiben wären die Drehzapfen für den Kolben zu lagern. Die Scheiben selbst können jedoch keine gemeinschaftliche Drehungsachse erhalten, da der Raum zwischen denselben für die Bewegung des Kolbens frei bleiben muss. Die untere Scheibe kann daher von der oberen nur durch die Drehungsachse des Kolbens mitgenommen werden, wobei, wenn die in der Richtung der Achse gemessene Breite gross ist, die Theile auf sehr ungünstige Art beansprucht sind, oder es ist eine complicirte Rädertransmission nothwendig; auch ist die ungleiche Umfangsgeschwindigkeit des Kolbens sehr nachtheilig.

Um dem Kolben die Bewegung um seine eigene Achse zu ertheilen, gibt Jarolimek drei Mechanismen an, von welchen bei grossen Dimensionen und verticaler Kolbenachse der in Fig. 311 skizzirte am besten anzuwenden wäre. Darin bezeichnet *a* die Scheibe, welche in der Oeffnung des Gehäusedeckels möglichst dicht schliessend umläuft, *o* die Achse des Kolbens, welche über die Scheibe *a* vorragt. Während die Scheibe *a* sich mit der Kolbenachse *o* um 360° dreht, soll sich der Kolben selbst nur um 180° um seine Achse drehen. Zu dem Zwecke ist auf der letzteren das Zahnrad *b* befestigt; *c* ist ein Zwischenrad auf einer an der Scheibe *a* gelagerten Spindel; *d* ein Zahnrad, welches auf der Drehungswelle von *a* lose aufgeschoben ist und eine unveränderliche feste Stellung erhält. Das Rad *d* hat halb so viel Zähne als *b*. Bei Drehung der Scheibe *a* wälzt sich *c* an dem festen Rade *d*, es drehen sich also die Räder *c* und *b* gerade so um ihre Achsen, als ob diese ihren Ort nicht veränderten und *d* gedreht würde. Einer ganzen Umdrehung der Scheibe *a* entspricht also eine Drehung der Räder *b* und *c* um so viel Zähne, als

---

1) v. Hauer's „Ventilationsmaschinen", S. 31.

d besitzt, was bei dem Rade *b*, wie verlangt, eine halbe Umdrehung ergibt.

Kolbenmaschinen mit Wasserliederung.

Bei den Kolbenmaschinen mit Wasserliederung [1]) erfolgt die Verdichtung und Weiterbewegung der Luft durch Fortschieben mittels eines kolbenartigen Bestandtheiles; der Raum, in welchem die Verdichtung stattfindet, wird jedoch durch Wasser gegen aussen abgeschlossen. Die bekanntesten unter denselben sind der Harzer Wettersatz und die Glockenmaschine.

Harzer Wettersatz. Dieser in Fig. 304 dargestellte Apparat ist zur Bewegung geringer Luftmengen unter Umständen gut verwendbar. Er besteht aus dem hölzernen mit Wasser gefüllten Behälter *a* von rundem oder rechteckigem Querschnitt, durch dessen Boden die mit dem Saugventil *s* versehene Lutte *l* gesteckt ist. In das Wasser taucht ein zweiter, unten offener, oben mit dem Druckventil *d* versehener Behälter *b*, welcher auf und nieder bewegt wird. Beim Aufgange strömt durch *s* Luft in den Hohlraum von *b*, der Wasserpiegel steht dabei ausserhalb von *b* niedriger als innen und der Höhenunterschied ist gleich der Wassermanometerhöhe (Depressionshöhe), welche der in *b* vorhandenen Depression entspricht. Beim Niedergange tritt die Luft durch *d* ins Freie, wobei die Spannung in *b* wegen des Ventilwiderstandes etwas grösser als die atmosphärische, die Stellung der Wasserspiegel die umgekehrte ist. Der Behälter *b* kann auch Kolben genannt werden, da er ganz wie ein solcher wirkt.

Der Betrieb des Harzer Wettersatzes erfolgt entweder durch Menschenhand, mittels eines am Kolben befestigten Hebels, oder, wenn der Apparat im Kunstschacht aufgestellt werden kann, durch das Pumpengestänge *g*, mit welchem der Kolben auf die aus der Zeichnung ersichtliche Weise verbunden ist. Zuweilen werden auch zwei Sätze aufgestellt und ihre Kolben durch einen Balancier gekuppelt, so dass sie abwechselnd saugen.

Soll der Kolben, wie es bei dessen gewöhnlicher Befestigung durch Ketten nothwendig ist, selbstthätig niedergehen, so muss er das hinreichende Gewicht G erhalten. Der grösste Widerstand gegen den Niedergang tritt bei der tiefsten Stellung ein, wo der grösste Auftrieb vorhanden ist. Bezeichnen A den äusseren und a den inneren Kolbenquerschnitt, s die Hubhöhe, h_1 die Wassermanometerhöhe der Luft im Kolben bei dessen Niedergang und γ das Gewicht der Volumseinheit Wasser, so ist

1) Mehrere solche sind beschrieben in v. Hauer's „Hüttenwesensmaschinen" und dem zugehörigen Supplement.

der Widerstand beim Niedergange zusammengesetzt aus dem Druck $a h_1 \gamma$ auf den Kolbendeckel und dem Auftrieb, welcher, da die Tiefe des eingetauchten Theiles nahezu s ist, gleich $(A-a) s \gamma$ gesetzt werden kann. Es muss also mindestens

$$G = a h_1 \gamma + (A - a) s \gamma$$

sein. Der grösste Widerstand W gegen den Aufgang ist hingegen bei der höchsten Stellung vorhanden, wo der Auftrieb nahe gleich Null wird; bedeutet h_2 die Depressionshöhe im Kolben beim Aufgang, so ist

$$W = G + a h_2 \gamma$$

und mit Rücksicht auf den obigen Werth von G

$$W = a (h_1 + h_2) \gamma + (A - a) s \gamma.$$

Wäre die Dicke der Kolbenwände gleich Null, so fiele der Auftrieb $(A - a) s \gamma$ weg, und man hätte

$$G = a h_1 \gamma,$$

$$W = a (h_1 + h_2) \gamma.$$

Wegen des Auftriebes ist also der schliessliche Widerstand, daher auch die Arbeit beim Aufgange grösser als streng nothwendig. Erfolgt nun der Betrieb durch ein Pumpengestänge, so geht jener Mehraufwand an Arbeit beim Niedergang wieder an das Gestänge zurück, da eben der Kolben für den Anfang des Niederganges zu schwer ist. Erfolgt jedoch der Betrieb durch Menschenhand, so ist beim Aufgange jene grössere Arbeit nothwendig und muss der Niedergang verzögert werden; daher in diesem Falle der Auftrieb, mithin $A - a$ klein sein soll. Deshalb ist ein kreisförmiger Kolbenquerschnitt zweckmässiger als ein quadratischer, und wäre die Herstellung aus Blech der aus Holz vorzuziehen.

Die Berechnung der Kolbenfläche a kann wie bei Cylindergebläsen erfolgen. Das Saugventil s (Fig. 304) muss hoch genug liegen, um beim Aufgange des Kolbens vom Wasser nicht erreicht zu werden; da nun beim Niedergange der Wasserspiegel tiefer liegt, so ergibt sich bei der tiefsten Kolbenstellung zwischen den verticalen Wänden des Kolbens und der Lutte ein bedeutender schädlicher Raum; derselbe wird um so mehr herabgesetzt, je mehr sich der äussere Durchmesser von l dem inneren von b nähert. Während des Betriebes ist darauf zu sehen, dass der Behälter a stets hinreichend mit Wasser gefüllt sei. Der Wirkungsgrad dürfte wegen der Ventile nicht mehr als 0·2 bis 0·3 betragen.

Bei genügender Grösse und in Verbindung mit Wetterlutten aus Zinkblech kann der Harzer Wettersatz zur Ventilation von Strecken bis auf 1000 m Länge verwendet werden.

Compressor von Richter und Paschke. Dieser durch Fig. 308

dargestellte Apparat[1]) neueren Ursprunges ist ein blasend angeordneter Harzer Wettersatz, bei welchem noch eine besondere Einrichtung getroffen ist, um die in der Verdichtungsperiode einer Erwärmung unterliegende Luft zu kühlen. Dabei ist *a* der feststehende mit Wasser gefüllte Behälter, in welchem concentrisch das unten offene, oben mit Saugventilen *s* ausgestattete Rohr *b* befestigt ist; *c* der auf- und niederbewegte Kolben, welcher in einer Stopfbüchse am oberen Ende von *a* gleitet, mit Druckventilen *d* versehen ist und am oberen Ende wieder durch eine Stopfbüchse in das feste Rohr *e* eintaucht, das die verdichtete Luft durch einen horizontalen Anguss *r* in ein Reservoir führt, aus welchem dieselbe in die Grube weitergeleitet wird. Beim Aufgang wird durch die sich öffnenden Ventile *s* Luft gesaugt, beim Niedergang wird dieselbe zuerst verdichtet und dann durch die Druckventile *d* nach *e* geschafft. Während des Niederganges treibt eine kleine Pumpe, deren Druckrohr bei *p* mündet, das Kühlwasser in den Cylinder *a*; zu Ende des Niederganges dringt eine der zugeführten gleiche Menge Wasser in den Raum ober den Druckventilen, der ebenfalls mit Wasser gefüllt ist, und zu Ende des Anhubes gelangt eben dieselbe Menge durch das obere horizontale Rohr *r* in das Luftreservoir, von wo das Wasser durch eine automatische Vorrichtung abfliesst. Die Luft muss daher die Wassersäule ober *d* durchdringen und wird dabei gekühlt; da ferner beim Niedergang die Druckventile *d* ins Wasser tauchen, wird alle Luft unter denselben nach oben getrieben und der schädliche Raum ist gleich Null.

Die Flüssigkeitssäule ober *d* setzt aber auch den Wirkungsgrad herab. Die Höhe *h* derselben ist während jedes Hubes veränderlich, doch stets mindestens der Entfernung von der höchsten Stellung von *d* bis zum oberen Ende des beweglichen Rohres gleich. Die Luft muss nun zu Anfang des Niederganges auf eine Spannung verdichtet werden, welche um den Ventilwiderstand mehr dem der Höhe *h* entsprechenden Druck grösser ist, als im Rohre *r* und im Luftreservoir, und dieser Ueberdruck geht beim weiteren Niedergang, während die Luft die Wassersäule *h* durchströmt, wieder verloren. Findet eine Compression auf einige Atmosphären statt, so ist der Verlust verhältnissmässig gering; beträchtlich aber kann derselbe werden, wenn die Verdichtung nur bis auf Theile einer Atmosphäre erfolgt, da z. B. bei dem gezeichneten Apparate $h = 2{\cdot}25$ m ist, was nahe $^1/_4$ Atmosphäre entspricht.

In Sachsen wurden drei solche Maschinen mit je 4 Compressionscylindern aufgestellt, welche zu je zweien mit einem gemeinschaftlichen

1) H. Undeutsch, Oesterr. Zeitschr. 1882, S. 51.

Druckrohr *e* versehen sind und durch entgegengesetzt gestellte Kurbeln bewegt werden, so dass der Apparat doppeltwirkend ist.

Glockenmaschine. Diese bildet eine Anwendung des Princips des Harzer Wettersatzes in vergrössertem Massstabe und sorgfältigerer Construction. Eine solche Maschine war auf der Grube Marihaye zu Seraing im Betriebe. Ihre Einrichtung ist in Fig. 295 skizzirt. Sie besteht aus zwei concentrischen Cylindern *a b* aus Blech, von welchen der innere durch eine mit den Saugventilen versehene Blechplatte oben abgeschlossen ist, unten hingegen durch den Kanal *s* mit der Saugstrecke in Verbindung steht. In den mit Wasser gefüllten Zwischenraum der beiden Cylinder taucht der Kolben *c*, Glocke genannt, dessen obere Schlussplatte die Druckventile enthält. Zum Betrieb dient die Dampfmaschine *e*, deren Kolbenstange durch eine über die Rolle *d* laufende Kette mit der Glocke in Verbindung steht. Die Dampfkolbenstange ist nach der anderen Seite hin verlängert und setzt dort in gleicher Art eine zweite Glocke in Gang, welche stets saugt, während die erste bläst, und umgekehrt. Der Niedergang erfolgt selbstthätig und es gilt in Bezug auf das nothwendige Gewicht der Glocke das beim Wettersatz Gesagte. Die Glocke ist vertical geführt, die Gewichte der Ventile sind ausgeglichen, daher der Wirkungsgrad des Apparates 48 Proc. erreicht haben soll.

Fig. 293 zeigt eine Anordnung mit drei Glocken *g*, deren Ketten durch eine gemeinschaftliche Kurbelwelle *w* mittels Schubstangen bewegt werden. Der Windeffect dieser Maschine beträgt nach Glépin und Trasenster 0·9 bis 0·92, der Wirkungsgrad 0·45 bis 0·5.[1])

Bei den Glockenmaschinen ist zwar die Kolbenreibung und der aus der Undichtheit der Kolbenliederung entspringende Luftverlust vermieden, doch theilen sie die sonstigen Nachtheile der gewöhnlichen Kolbenmaschinen; insbesondere sind der Effectverlust durch die Ventile und die Anschaffungskosten bedeutend; die Glocke erfordert, da sie nur einfachwirkend ist, grosse Dimensionen.

Struve's Glockenmaschine.[2]) Maschinen des oben dargestellten Principes wurden auch in England von Struve construirt und erhielten die durch Fig. 298 bis 300 dargestellte Einrichtung. Fig. 298 ist der Verticalschnitt nach *A B* in Fig. 299, letztere Figur der Horizontalschnitt nach *C D* in Fig. 298, endlich 300 der Querschnitt nach *E F* in Fig. 299. Ausser den bewegten Theilen ist Alles aus Ziegeln hergestellt. Der Apparat besteht aus zwei ganz gleich construirten doppeltwirkenden Glockenmaschinen, welche durch den Saugkanal *s* mit dem Wetterschacht

---

1) Devillez, Ventilation des mines, S. 395.

2) Preuss. Zeitschr. 1858, 6. Bd., S. 110.

in Verbindung stehen; *a* ist ein äusserer, *b* ein innerer gemauerter Cylinder, der Zwischenraum beider mit Wasser gefüllt, in welches die oben geschlossene schmiedeiserne Glocke *c* taucht; beide Glocken sind durch zwei Winkelhebel *d* (Fig. 298) und die Zugstange *e* verbunden. Die Bewegung erfolgt durch die Schubstange *f* einer Dampfmaschine.

Die Anordnung der Ventile ist am besten aus dem Querschnitt Fig. 300 ersichtlich; aus dem Saugkanal *s* führt ein verticaler Schacht *n* zu dem ober der Glocke befindlichen, mit starken Bohlen luftdicht bedeckten Raum; x sind Saug- und x_1 Druckventile. Ferner ist aus der Strecke *s* ein Kanal *l* durch die beiden concentrischen Mauercylinder *a* und *b* bis zu dem oben offenen Schachte *t* geführt. An der Stelle, wo der Kanal *l* die Wände des inneren Cylinders *b* schneidet, befinden sich wieder Saugventile v und Druckventile v_1. Bewegt sich mithin die Glocke abwärts, so wird durch x gesaugt, durch v_1 ausgeblasen; beim Aufgang hingegen erfolgt Saugen durch v, Blasen durch x_1. Die Glocken sind durch Leitstangen vertical geführt. Zur Befestigung der Ventile dienen hölzerne gitterartige Rahmen, welche je 12 Oeffnungen von 10″ Höhe und 14″ Breite enthalten. Auf diesen liegen die Klappen, welche aus Zinkblech bestehen, das auf einen Holzrahmen genagelt ist; dieselben sind mit Filz, Leinwand oder Leder gedichtet.

Ein Fehler dieser Anordnung ist der schädliche Raum, welcher, obgleich bei kleinem Spannungsunterschiede von geringem Einfluss, doch hier eine zu bedeutende Grösse erreicht, da beim tiefsten Stand der Glocke der ganze Schacht *b* mit dichterer Luft gefüllt ist.

Im Jahre 1884 standen nur mehr wenig solche Apparate im Betrieb. Nach Versuchen der englischen Schlagwetter-Commission[1]) betrug bei einer Maschine mit zwei Glocken von 5·56 m Durchmesser, 2·13 m Hub und 6·53 Doppelhuben in der Minute, der Windeffect 0·925, ein sehr günstiger Werth; das Verhältniss der reinen Leistung zur indicirten Dampfarbeit wurde gleich 0·57 gefunden, daher auch vergleichsweise bedeutend. Doch werden solche Maschinen wegen grosser Dimensionen, Störungen durch die vielen Ventile und kostspieliger Unterhaltung nicht mehr neu gebaut.

Hydropneumatische Schraube von Guibal. Obgleich dem Anscheine nach ein Schraubenventilator, ist dieser Apparat[2]) seiner Wirkungsart nach doch den Kolbenmaschinen zuzurechnen. Er besteht nach Fig. 297 aus einer rotirenden, mit horizontaler Achse versehenen Schraube, welche

1) Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 686 u. 707.

2) Haton de la Goupillière, Bergbaukunde, 2. Bd., S. 455; Revue universelle, 1857, 1. Bd., S. 412.

in ein Wasserbecken taucht. Sowie das Ende *a* der Schraube den Wasserspiegel erreicht, wird das Luftvolum *b* abgeschlossen und bei weiterer Drehung in den Blaseraum *c* geschoben. Der wesentliche Unterschied gegen Schraubenventilatoren besteht darin, dass jedes Luftvolum für sich fortgeführt wird und seine Geschwindigkeit und Richtung sich während der Bewegung durch die Schraube nicht ändert. In ähnlicher Art könnte auch ein Rad mit radialen Flügeln und gegen Fig. 297 querliegender Welle als Ventilator verwendet werden

Eine solche Schraube war auf der Grube Agrappe bei Mons aufgestellt. Dieselbe hatte 5 m äusseren und 1·8 m Kerndurchmesser, die Ganghöhe betrug 2·4 m, die Tourenzahl 16 in der Minute. Bei jeder Umdrehung wurden 11·2 m^3 Luft, d. i. sehr nahe das theoretische Volum fortbewegt, die Depression war 39 mm.[1]) Der Wirkungsgrad soll 0·57 betragen haben. Die Schraubenwindungen bestanden jedoch nur aus Holz und wurden deformirt, was die Einstellung des Betriebes veranlasste. Immerhin ist es möglich, dass der Apparat, aus Eisen hergestellt, auch für die Dauer gute Dienste leisten würde. Derselbe zeigt einfachere Form und weniger Fugen, durch welche die Luft zurückströmen kann, als die sonstigen rotirenden Kolbenmaschinen; dagegen ist der untere Theil desselben unwirksam, wodurch das Volum für gegebene Leistung grösser wird.

Die Guibal'sche Schraube ist übrigens der bekannten, früher als Gebläse verwendeten Cagniardelle ähnlich, nur dass letztere eine geneigte Achse hat, wodurch die Erzeugung eines grösseren Spannungsunterschiedes möglich wird.

Althans' Wasserstopfengebläse. Zu den Kolbenmaschinen mit Wasserliederung kann endlich auch dieses Gebläse[2]) gerechnet werden, bei welchem die Luft nur durch das Gewicht des zugleich als Kolben fungirenden Wassers verdichtet und fortgeschoben wird. Die Einrichtung eines solchen saugend wirkenden Gebläses zeigt Fig. 296. Darin ist *s* die Wetterlutte, *r* ein Reservoir, aus welchem durch abwechselnde Hebung und Senkung des hölzernen Ventiles *v* einzelne Wassermengen in die Abflussröhre *n* gelangen. Jede Wasserschicht schiebt eine entsprechende Luftmenge fort und saugt neue Luft aus *s* nach. Um das Ventil *v* zu bewegen, ist an dasselbe ein hölzerner Rahmen *p* befestigt, der von drei an der Welle des kleinen Wasserrades *w* befestigten Daumen gehoben wird und hierauf durch sein eigenes Gewicht wieder herabsinkt; das vom Rad verbrauchte Wasser fliesst in das Reservoir *r*.

---

1) Burat, Cours d'exploitation des mines, S. 235.

2) Civilingenieur 1861, 7. Bd., S. 474.

Literatur.

Abkürzungen:

Preuss. Zeitschr.: Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate.

Bull. soc. ind. min.: Bulletin de la société de l'industrie minérale.

Comptes rendus soc. ind. min.: Comptes rendus de la société de l'industrie minérale.

Oest. Zeitschr.: Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.

„Erfahrungen": Erfahrungen im berg- und hüttenmännischen Maschinen-, Bau- und Aufbereitungswesen v. Rittinger.

Dingler's p. J.: Dingler's polytechnisches Journal.

Mehr oder weniger ausführliche Zusammenstellungen über Wettermaschinen geben die Werke über Bergbaukunde von Combes und Ponson, dann Burat's „Material des Steinkohlenbergbaues" nebst Supplement und desselben Verfassers Bergbaukunde; v. Hauer's „Ventilationsmaschinen der Bergwerke"; Callon's Bergbaukunde; Devillez, Ventilation des mines; Weisbach-Herrmann's Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, 3. Theil; Warrington Smyth, Die Kohle und der Kohlenbergbau in England; die Werke über Bergbaukunde von Haton de la Goupillière, Serlo, Köhler (2. Auflage); Murgue, Ueber Grubenventilatoren, deutsch von v. Hauer; der Abschnitt über Grubenwetterführung von Joh. Mayer, in der Monographie des Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevieres; Pernolet et Aguillon, Exploitation et réglementation des mines à grisou; Demanet, Der Betrieb der Steinkohlenbergwerke, deutsch von Leybold; der Hauptbericht der Preussischen Schlagwetter-Commission in dem von Althans verfassten Band V.

Von Aufsätzen allgemeineren Inhaltes sind zu erwähnen: Ueber Ventilation der Gruben v. Combes, Annales des mines 1839, 15. Bd. und 1840, 18. Bd.; Versuche v. Trasenster, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1844, 3. Bd., S. 26; über Wettermaschinen, von Demselben, Annales des travaux publics de Belgique 1845, 8. Bd.; Preuss. Zeitschr. 1855, 2. Bd., S. 388; von Burat, Revue universelle 1857, 1. Bd., S. 412; von Devillez, Annales des travaux publics de Belgique, 16. Bd. und Berg- u. hüttenm. Zeitung 1859, 18. Bd., S. 366; Wettermaschinen in England, Revue universelle 1860, 8. Bd., S. 27; Bluhme, Preuss. Zeitschr. 1865, 13. Bd., S. 181; ein Aufsatz, aus dem „Glückauf" übergegangen in das Polyt. Centralblatt 1866, S. 1316, enthält dem Wesen nach dasselbe, wie der obige von Bluhme; über Ventilation der Kohlengruben v. Harden, Transactions of the American Journal of Mining Engineers 1868, 6. Bd., Nr. 13 u. f.; Wetterführung in Kohlengruben mit schlagenden Wettern v. Jičinsky, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1870, 19. Bd., S. 198; die Wetterführung in den westphälischen Steinkohlengruben v. Nonne, Preuss. Zeitschr. 1873, 21. Bd., S. 37; über Grubenvent. v. D. Murgue, Bull. soc. ind. min. 1873, 2. Bd., S. 445; 1875, 4. Bd., S. 747; 1877, 6. Bd., S. 211; 1880, 9. Bd., S. 5; 1884, 13. Bd., S. 673; über Grubenvent. in England v. Broja, Preuss. Zeitschr. 1874, 22. Bd., S. 165; Versuche über die Leistung von Grubenvent., „Berggeist" 1875, S. 229; Vergleich zwischen Vent. mit veränderlichem Fassungsraum und Centrifugalvent. v. Harzé, Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 52; über Ventilation v. Habets, Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 85 u. f.; über saugende und blasende Vent. v. Menzel, Civilingenieur 1878, 24. Bd., S. 71; Versuche mit

Vent. v. Aguillon, Fumat u. Murgue, Bull. soc. ind. min. 1878, 2. Reihe, 7. Bd., S. 477 u. 713; über Grubenvent. der Ausstellung 1878 v. Rossigneux, Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 847; Bericht über denselben Gegenstand, Revue universelle 1880, 8. Bd., S. 280; über Grubenvent. v. Krautschopp, Uhland's Maschinen-Constructeur 1880, 13. Bd., S. 276; elektrische Transmission für einen Vent., Oest. Zeitschr. 1881, S. 679; über Grubenvent. in Belgien v. Wetekamp, Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 50; über Ventilatoren, Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 268; über die Mittel zur Verhütung der Explosion schlagender Wetter v. Haton de la Goupillière, übersetzt im Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1881, 29. Bd., S. 57 (über Vent. S. 130); Einfluss der Windrichtung auf das von Vent. anzusaugende Luftvolum v. Cornet, Oest. Zeitschr. 1881, S. 408; über Ventilation des Mont-Cenis-Tunnels v. Kossuth, Engineering and Mining Journal v. 6. Mai 1882 und Berg- u. hüttenm. Zeitung 1882, S. 414; über Grubenvent., Preuss. Zeitschr. 1882, 30. Bd., S. 255; über Messung der Depression etc. v. Hausse, Freiberger Jahrbuch 1882, S. 46; über Wetterversorgung v. Gurlt, Zeitschrift deutscher Ing. 1884, 28. Bd., S. 788; über Grubenvent. in England v. Gournay u. Mathet, Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 750, 754, 762, 773, 783, 821, 828; Anwendung der Gesetze der Wetterbewegung auf Ventilator-Untersuchungen v. Althans, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 174; über blasende Vent. v. Otto, ebendaselbst S. 160; über blasende Vent. v. Rochelt, Oest. Zeitschr. 1885, S. 216; über Schlagwetter-Ventilation v. Schnabelegger, Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1885, S. 197 u. 318; Neuerungen an Vent., Dingler's p. J. 1885, 256. Bd., S. 105; über Grubenvent., Preuss. Zeitschr. 1885, 33. Bd., S. 241; 1887, 35. Bd., S. 260; über Grubenvent. in Belgien v. Salomon, Preuss. Zeitschr. 1887, 35. Bd., S. 227; Bericht der englischen Schlagwetter-Commission, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1887, 35. Bd., S. 50.

Theoretische oder allgemeinere Arbeiten über **Centrifugal-Ventilatoren** sind ausser den bereits angeführten folgende: Theorie der Centrifugal-Ventilatoren v. Lacolonge, Paris 1869; Kritik darüber v. Gustav Schmidt, Zeitschr. des Oest. Ingenieurvereines 1870, S. 21; Réflexion sur les limites d'action und Observation sur les variations d'effet utile des ventilateurs à force centrifuge, beide Aufsätze von Vandenpeereboom, Brüssel 1879, nicht ganz fehlerfrei; ferner die Aufsätze in Journalen: Theorie der Ventilatoren v. Résal, Annales des mines 1854, 5. Bd., S. 456; Ventilator v. Schwamkrug, Freiberger Jahrbuch 1855, S. 224; über Ventilation und Ventilatoren, Förster's Bauzeitung 1856, S. 27; Theorie der Turbinen, Kreiselpumpen und Ventilatoren von R. R. Werner, Zeitschr. deutscher Ing. 1869, 13. Bd., S. 1; über Construction der Ventilatoren v. Fink, Zeitschr. deutscher Ing. 1870, 14. Bd., S. 160; über Centrifugalpumpen, Turbinen und Ventilatoren v. Moll, Zeitschr. deutscher Ing. 1871, 15. Bd., S. 229; Studien über Centrifugalvent. von v. Arbesser, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1877, 25. Bd., S. 132; Theorie der Centrifugalvent. v. Henrotte, Revue universelle 1887, 22. Bd., S. 99; Entgegnung darauf v. Murgue, ebendaselbst S. 564, Replik von Henrotte, Revue universelle 1888, 2. Bd., S. 35; über Ventilatoren mit vorwärts gekrümmten Flügeln v. Murgue, Bull. soc. ind. min. 1886, 15. Bd., S. 81; über denselben Gegenstand von v. Hauer, Oest. Zeitschr. 1887, S. 47.

Versuche mit Ventilatoren, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1860, 19. Bd., S. 460; Grubenvent. in Wales, Annales des mines 1878, 7. Reihe, 14. Bd., S. 356; Notizen über Grubenvent., Berg- u. hüttenm. Zeitung 1878, S. 50; vergleichende Beobachtungen mit Wettermaschinen v. Johann Mayer, Oest. Zeitschr. 1880, S. 287 und

1882, S. 189; Leistungen englischer Grubenvent., ebendaselbst 1885, S. 251; über Grubenvent. in Lancashire v. Luuyt, Annales des mines 1884, 8. Reihe, 5. Bd., S. 80; über Neuerungen an Centrifugalvent. von Kaš, Oest. Zeitschr. 1885, S. 786; Vent. in Saarbrücken v. Nasse, Preuss. Zeitschr. 1885, 33. Bd., S. 281; über Grubenvent. in England v. Pinno, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 178; über Grubenvent. in Westphalen v. Bochet, Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 143; über Vent. im Ruhrbecken von Habermann und v. Hauer, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1888, 36. Bd., S. 180.

Ueber einzelne Centrifugal-Ventilatoren sind folgende, zum Theil jedoch schon früher angeführte Aufsätze zu erwähnen.

Ueber Rittinger-Ventilatoren, Preuss. Zeitschr. 1861, 9. Bd., S. 189; 1863, 11. Bd., S. 265; v. Bluhme, ebendaselbst 1865, 13. Bd., S. 184; Roha, „Erfahrungen" 1866 und Oest. Zeitschr. 1866, S. 313; Sauer, „Erfahrungen" 1870, S. 13; Bachmann, Zeitschr. deutscher Ing. 1875, 19. Bd., S. 662; Kaš, Oest. Zeitschrift 1885, S. 786.

Geisler's Vent.: Zeitschr. deutscher Ing. 1885, 29. Bd., S. 221; Gräff, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 234.

Wagner's Vent.: Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 187. Die dort angegebenen Dimensionen stimmen nicht mit der dem Verfasser von Wagner selbst gesendeten Zeichnung.

Schiele's Vent.: Berg- u. hüttenm. Zeitung 1878, S. 50; Simmersbach, ebendaselbst 1879, S. 100; v. Balzberg, Jahrbuch der k. k. Bergak. 1879, 27. Bd., S. 177; Preuss. Zeitschrift 1883, 31. Bd., S. 208 und 1884, 32. Bd., S. 300; Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 705 u. 784; Freiberger Jahrbuch 1887, 2. Theil, S. 116.

Waddle's Vent.: Oesterr. Zeitschr. 1875, S. 32; Dingler's p. J. 1875, 218. Bd., S. 17; Broja, Preuss. Zeitschr. 1874, 22. Bd., S. 165; Annales des mines 1878, 14. Bd., S. 356; Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 705, 730, 750, 783; Pinno, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 178.

Stevenson's Vent.: Engineering 1879, 1. Bd., S. 177.

Lambert's Vent.: Preuss. Zeitschr. 1865, 13. Bd., S. 185; Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 107; Salomon, Preuss. Zeitschr. 1886, 35. Bd., S. 228.

Aland's Vent.: Dingler's p. J. 1885, 256. Bd., S. 146.

Harzé's Vent.: Revue universelle 1870, 27. Bd., S. 193 u. 344; 1877, 1. Bd., S. 53; Rossigneux, Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 870; Annales des travaux publics de Belgique 1882, 39. Bd., S. 135.

Gendebien's Vent.: Dingler's p. J. 1885, 256. Bd., S. 147.

Guibal's Vent.: Cabany, Bull. soc. ind. min. 1861, 6. Bd., S. 533; Bluhme, Preuss. Zeitschr. 1865, 13. Bd., S. 181; Freiberger Jahrbuch 1868, S. 89; Schlehan, Oest. Zeitschr. 1870, S. 17 und 1871, S. 175; Jičinsky, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1870, S. 210; Pfaehler, Preuss. Zeitschr. 1872, 20. Bd., S. 71; Bachmann, Zeitschr. deutscher Ing. 1875, 19. Bd., S. 662; Uhland's Maschinen-Constructeur 1876, 9. Bd., S. 47; Musil, Kärntnerische Zeitschrift 1876, S. 10; Murgue, Comptes rendus soc. ind. min., November 1877, S. 15; Laguesse, Revue universelle 1877, 2. Bd., S. 59; Bull. soc. ind. min. 1877, 6. Bd., S. 316; Borchardt, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1878, S. 113; Engineering 1879, 2. Bd., S. 354; Preuss. Zeitschr. 1879, 27. Bd., S. 282; Simmersbach, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1879, S. 100; Ventilator in Comberedonde v. Mirc, Bull. soc. ind. min. 1881, 10. Bd., S. 109; Versuche mit demselben v. Murgue, ebendaselbst S. 119; Bull. soc. ind. min. 1882, 11. Bd., S. 873 u. 878; Wochenschrift deutscher Ing. 1882, S. 267; Preuss.

Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 140 u. 207; 1884, 32. Bd., S. 163 u. 233; Annales des mines 1884, 8. Reihe, 3. Bd., S. 80; „Glück auf“ 1886, Nr. 10; Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 239; blasender Guibal-Vent., Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 178.

Beer's Vent.: Revue universelle 1880, 8. Bd., S. 282; Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 865; Simmersbach, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1879, S. 101.

Dinnendahl's Vent.: Preuss. Zeitschr. 1888, 26. Bd., S. 278.

Kley's Vent.: Wochenschrift deutscher Ing. 1882, S. 479; Althans, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 234; ebendaselbst 1884, 32. Bd., S. 302; 1885, 33. Bd., S. 241 und 1886, 34. Bd., S. 264.

Pelzer's Vent.: Preuss. Zeitschr. 1880, 28. Bd., S. 255; 1881, 29. Bd., S. 268; 1882, 30. Bd., S. 255; Berg- u. hüttenm. Zeitung 1881, S. 24; Clemens, Comptes rendus soc. ind. min. 1881, S. 175; Brustlein, ebendaselbst S. 236; Werner, Oest. Zeitschr. 1882, S. 190, 257; Pelzer, ebendaselbst S. 386; Zeitschr. deutscher Ing. 1882, 26. Bd., S. 659; Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 208; Savelsberg, Zeitschr. deutscher Ing. 1884, 28. Bd., S. 881; Dingler's p. J. 1885, 258. Bd., S. 107; Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 186.

Moritz's Vent.: Wochenschrift deutscher Ing. 1882, S. 239.

Chagot's Vent.: Rittinger's Mittheil. über die Pariser Ausstell. 1855, S. 79.

Kraft's Turbinenventilator: Revue universelle des mines 1870, 27. Bd., S. 204 und 1880, 8. Bd., S. 285; Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 52; „Glück auf“ 1882, Nr. 49 u. 1886, 35. Bd., S. 228; Zeitschr. deutscher Ing. 1882, 26. Bd., S. 549.

Ser's Vent.: Revue universelle 1884, 15. Bd., S. 724; Oest. Zeitschr. 1885, S. 800; François, Comptes rendus soc. ind. min. März 1886, S. 27 und Bull. soc. ind. min. 1886, 15. Bd., S. 81 u. 89; Preuss. Zeitschr. 1886, 35. Bd., S. 229; kleiner blasender Ser-Ventilator, Mathet, Comptes rendus soc. ind. min. Juni 1887, S. 88; de Nansouty, Génie civil 1887, 11. Bd., S. 373 und Dingler's p. J. 1888, 267. Bd., S. 1.

Winter's Vent.: Preuss. Zeitschr. 1880, 28. Bd., S. 255; Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 187; Farcot's Vent., abwechselnd blasend oder saugend, Comptes rendus soc. ind. min. 1887, S. 31.

Combes' Vent.: Berg- u. hüttenm. Zeitung 1842, 1. Bd., S. 995.

Gallez' Vent.: Preuss. Zeitschr. 1865, 13. Bd., S. 187.

Tournaire's Vent.: Annales des mines 1860, 5. Reihe, 17. Bd., S. 233; Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 865.

Letoret's Vent.: Berg- u. hüttenm. Zeitung 1842, 1. Bd., S. 986; Annuaire de l'association etc. de Liège 1853, 2. Bd., S. 93.

Leverkus' Vent.: Dingler's p. J. 1885, 256. Bd., S. 145.

Nasmyth's Vent.: Preuss. Zeitschr. 1854, 1. Bd., S. 64, hat zwei beiderseits stehende Saugkästen und wird durch eine stehende Maschine ohne Umsetzung betrieben.

Ventilatoren mit rasch laufender Kraftmaschine: Vent. mit Dampfturbine v. Schwestka, „Erfahrungen“ 1863, S. 2; Vent. mit schottischer Turbine v. Tittel, Freiberger Jahrbuch 1871, S. 157; Vent. mit Wassermotor von Wyss & Studer, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 264; Vent. mit Betrieb durch comprimirte Luft, Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 134.

Regulator für Grubenvent. v. Desailly u. Dubois, Bull. soc. ind. min. 1885, 14. Bd., S. 1073; Geschwindigkeitsmesser für Grubenvent. v. Jaehns, Preuss. Zeitschrift 1886, 34. Bd., S. 314; Regulator für die Betriebsmaschine, Habets, Revue

universelle 1877, 1. Bd., S. 88; Bull. soc. ind. min. 1877, 6. Bd., S. 316; 1879, 8. Bd., S. 861.

Ventilatoren, welche abwechselnd saugen und blasen: Bull. soc. ind. min. 1881, 10. Bd., S. 109; Comptes rendus soc. ind. min. 1887, S. 31.

Handventilatoren: Dingler's p. J. 1865, 175. Bd., S. 91; Preuss. Zeitschr. 1875, 23. Bd., S. 115; 1881, 29. Bd., S. 269; 1882, 30. Bd., S. 255.

Doppelventilatoren: Rittinger, Mittheil. über die Pariser Ausstell. 1855, S. 79 und über die Ausstellung 1867, S. 28; Dingler's p. J. 1866, 179. Bd., S. 266; Eckardt's Doppelvent., Preuss. Zeitschr. 1858, 5. Bd., S. 79; Pfaehler, Preuss. Zeitschr. 1872, 20. Bd., S. 81 u. 82; Capell, Dingler's p. J. 1878, 228. Bd., S. 31; Harzé, Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 53; Hénin, ebendaselbst 1878, 3. Bd., S. 754; Revue universelle 1880, 8. Bd., S. 283; Preuss. Zeitschr. 1879, 27. Bd., S. 281; Freiberger Jahrbuch 1882, S. 10; Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 207; Althans, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 228; Ochwadt, Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 269.

Unterirdische Ventilatoren s. Separatventilation, dann Tittel, Freiberger Jahrbuch 1871, S. 157; Otto, Preuss. Zeitschrift 1884, 32. Bd., S. 159; Gräff, unterird. Vent. v. Geisler, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 234; Preuss. Zeitschr. 1885, 33. Bd., S. 242.

Schraubenventilatoren. Wetterschraube von Sauwartan, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1842, S. 997; Annuaire de l'association etc. de Liège 1853, 2. Bd., S. 93; Vent. v. Davaine, Annales des mines 1860, 5. Reihe, 17. Bd., S. 425; Vent. v. Lesoinne, Oest. Zeitschr. 1870, Nr. 3.

Heger's Ventilator: Verhandl. des Oest. Gewerbevereines 1862, S. 359; Rittinger's Mittheil. über die Londoner Ausstellung 1862, S. 73; Gustav Schmidt, Zeitschr. des Oest. Ingenieurvereines 1865, S. 202 und 1870, S. 21; Wochenschrift deutscher Ing. 1881, S. 375.

Zur Theorie der Schraubenventilatoren v. Einbeck, Dingler's p. J. 1881, 240. Bd., S. 331; über Schraubenvent., Uhland's Maschinen-Constructeur 1881, 14. Bd., S. 333; Dingler's p. J. 1885, 256. Bd., S. 145; Schraubenvent. v. Kaselowsky u. v. Dinnendahl, Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 189.

Strahlapparate. Mit Betrieb durch Luft: Wetterhut, Preuss. Zeitschr. 1882, 30. Bd., S. 255; Steindel, Freiberger Jahrbuch 1884, S. 78; Leclaire, Comptes rendus soc. ind. min. 1880, S. 181; Steindel, Preuss. Zeitschr. 1885, 33. Bd., S. 242 und 1887, 35. Bd., S. 260; Weigl, Freiberger Jahrbuch 1884, 1. Heft, S. 91; Berechnungen von Dr. Meyer, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1887, S. 89; Mathet, Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 133.

Ueber Körting's Luftstrahlapparate: Förster, Freiberger Jahrbuch 1879, S. 38; Preuss. Zeitschr. 1877, 25. Bd., S. 240; Comptes rendus soc. ind. min. 1880, S. 81 und 1886, S. 230; Revue universelle 1880, 8. Bd., S. 616; Sprenger, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1886, S. 429; Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 263; 1887, 35. Bd., S. 260; 1888, 36. Bd., S. 241; Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 134.

Mit Wasserbetrieb: Wassertrommel v. Faller, „Erfahrungen" 1854, S. 21; Ventilation mit Wasserstrahl, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1870, 24. Bd., S. 407; Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 299; Beschreibung des Bergreviers Aachen v. Wagner, Bonn 1881, S. 151; Wassertrommel, Preuss. Zeitschr. 1888, 36. Bd., S. 240; Versuche mit einem Victoria-Ventilator v. Gumtow und v. Gillet, Freiberger Jahrbuch 1887, 2. Theil, S. 117; Körting's Wasserstrahlapparate, Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 263 und 1887, 35. Bd., S. 261.

Mit Dampfbetrieb: Broschüre v. Cherblanc, deutsch v. Krause, Gleiwitz 1848; Ventilation durch einen Dampfstrahl v. Müller, „Erfahrungen“ 1851; Vent. durch Dampf, Revue universelle 1857, 1. Bd., S. 412 und 1860, 8. Bd., S. 27; Preuss. Zeitschr. 1858, 6. Bd., S. 113; 1869, 17. Bd., S. 87; 1872, 20. Bd., S. 384; 1875, 23. Bd., S. 114; 1878, 26. Bd., S. 385 und 1887, 35. Bd., S. 261.

Ueber Körting's Dampfstrahl-Ventilatoren: Zeitschr. deutscher Ing. 1875, 19. Bd., S. 662; Preuss. Zeitschr. 1875, 23. Bd., S. 114; Harzé, Revue universelle 1875, 37. Bd., S. 416; Polytechnisches Centralblatt 1875, 29. Bd., S. 475; Preuss. Zeitschr. 1877, 25. Bd., S. 240 und 1878, 26. Bd., S. 385; Habets, Revue universelle 1877, 1. Bd., S. 110; Bull. soc. ind. min. 1878, 8. Bd., S. 871; Förster & Hausse, Freiberger Jahrbuch 1879, S. 36; Bustin, Bull. soc. ind. min. 1879, 8. Bd., S. 871; Orman, Revue universelle 1880, 8. Bd., S. 616; ebendaselbst S. 286; Joh. Mayer, Oest. Zeitschr. 1880, S. 287; Preuss. Zeitschrift 1883, 31. Bd., S. 209 und 1884, 32. Bd., S. 299; Harzé, Annales des travaux publics de Belgique 1885, Bd. 43; Chansselle, Comptes rendus soc. ind. min. 1886, November, S. 230; Preuss. Zeitschr. 1887, 35. Bd., S. 261.

Kolbenmaschinen. Vent. von Nixon, Bull. soc. ind. min. 1863, 9. Bd., S. 368; 1884, 13. Bd., S. 683 u. 787; Vent. v. Goffint, verbessert v. Stévart, Revue universelle 1877, S. 99 und Exposition de hygiène et de sauveté, Brüssel 1876, 6. Classe, Nr. 270; Preuss. Zeitschr. 1876, 24. Bd., S. 168 und 1881, 29. Bd., S. 51; Comptes rendus soc. ind. min., November 1879; Maschine v. Mahaux, Annales des travaux publics de Belgique, 15. Bd., S. 40; Gregory, Maschine zu Monteponi, Zeitschr. deutscher Ing. 1882, 26. Bd., S. 615.

Rotirende Kolbenmaschinen. Ueber Kapselräder, v. Reuleaux, Dingler's p. J. 1868, 189. Bd., S. 434; Murgue, Bull. soc. ind. min. 1878, 7. Bd., S. 728; rotirende Kolbenmaschinen, Dingler's p. J. 1884, 253. Bd., S. 1; Theorie v. Henrotte, Revue universelle 1888, 3. Bd., S. 124.

Fabry's Vent.: Callon, Dingler's p. J. 1853, S. 343; Berechnung v. Trasenster, Annuaire de l'association etc. de Liège 1853, 2. Bd., S. 103; Cabany, Bull. soc. ind. min. 1860, 5. Bd., S. 587 u. 6. Bd., S. 313 u. 533; Murgue, Bull. soc. ind. min. 1875, S. 577 und Comptes rendus soc. ind. min. 1877, August, S. 3; Bull. soc. ind. min. 1878, 2. Reihe, 7. Bd., S. 790; Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 51 und 1886, 35. Bd., S. 227; Annales des mines 1886, 10. Bd., S. 185.

Roots' Vent.: Rittinger's Mittheil. v. d. Pariser Ausstellung 1867; Dingler's p. J. 1868, 187. Bd., S. 301; Polytechnisches Centralblatt 1869, S. 1006; „Berggeist“ 1873, Nr. 69, Beilage; Preuss. Zeitschr. 1876, 24. Bd., S. 167; Engineering, Juni 1877, S. 468 und Dingler's p. J. 1877, 225. Bd., S. 325; Proceedings of the Institute of Mining Engineers, Mai 1877, S. 92; Murgue, Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 689 u. 707.

Lemielle's Vent.: Rittinger's Mittheil. über die Pariser Ausstellung 1855; Bull. soc. ind. min. 1856, 3. Bd., S. 157; Berg- u. hüttenm. Zeitung 1859, 18. Bd., S. 384; Cabany, Bull. soc. ind. min. 1860, 5. Bd., S. 587; Entgegnung v. Lemielle, ebendas. 6. Bd., S. 313; Replik v. Cabany, ebendas. S. 533; v. Hauer, Jahrbuch der k. k. Bergakademieen 1873, 21. Bd., S. 378; Preuss. Zeitschr. 1874, 22. Bd., S. 165; Revue universelle 1875, 38. Bd., S. 234; Murgue, Bull. soc. ind. min. 1875, S. 775; Glépin, Revue universelle 1876, 39. Bd., S. 1; Laguesse, Revue universelle 1877, 2. Bd., S. 61; Comptes rendus soc. ind. min. August 1877, S. 3; November 1877, S. 15; Bull. soc. ind. min. 1877, 2. Reihe, 6. Bd., S. 110 und 216;

Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 50; 1882, 11. Bd., S. 588 u. 632; 1884, 13. Bd., S. 707 u. 720; 1886, 35. Bd., S. 228.

Fournier & Levet's Vent.: Comptes rendus soc. ind. min. 1882, S. 91.

Baker's Vent.: Dingler's p. J. 1874, 212. Bd., S. 384; Transactions of the American Inst. of Mining Eng. 1882; Iron 1883, S. 17.

Cooke's Vent.: Dingler's p. J. 1870, 197. Bd., S. 4; Polytechnisches Centralblatt, 1870, S. 9; Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 707.

Nyst's Vent.: Revue universelle 1860, 7. Bd., S. 326.

Jarolimek's Vent.: Zeitschrift des Oest. Ingenieurvereines 1867, S. 185.

Oldham's Vent.: Oest. Zeitschrift 1880, S. 113.

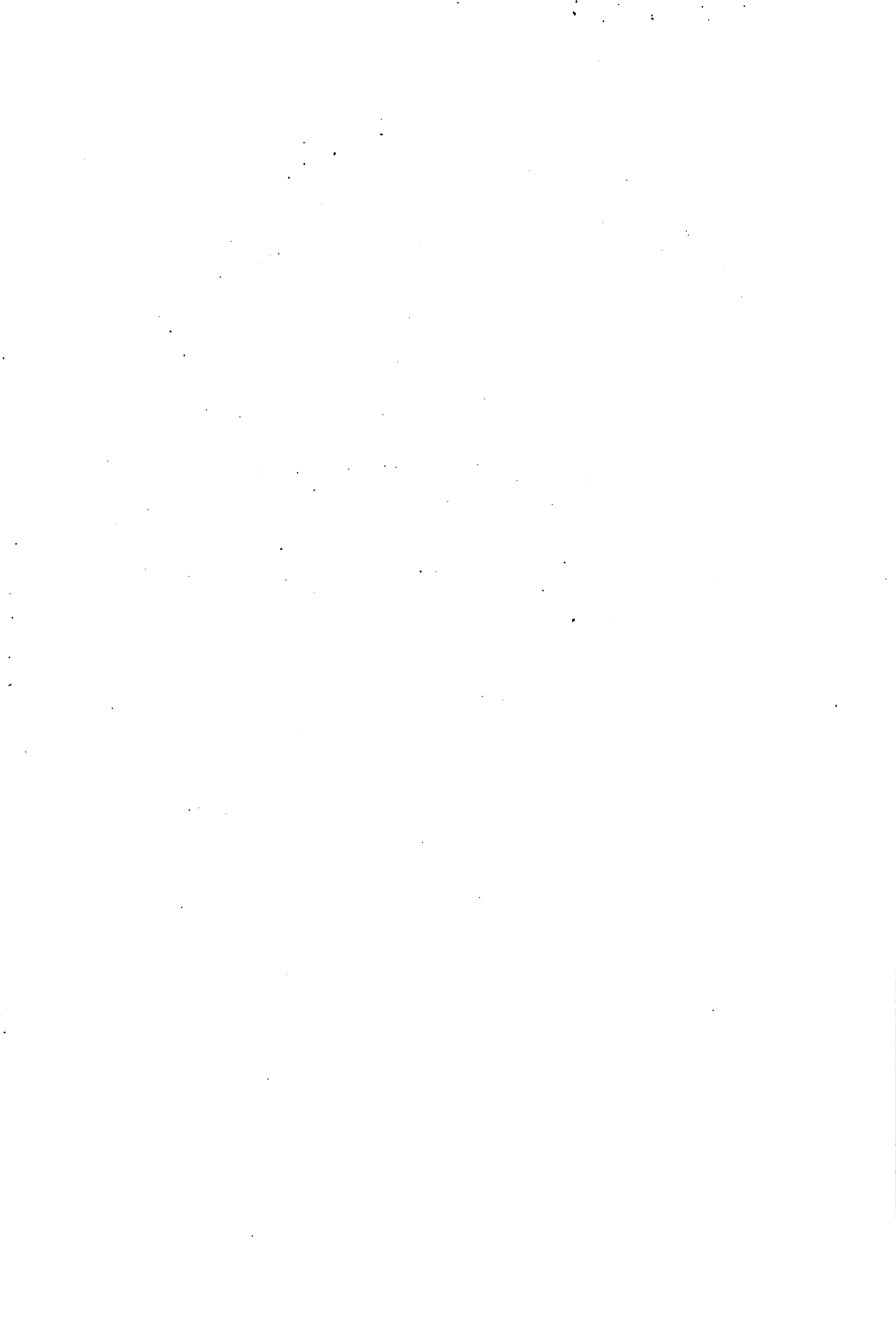
Kolbenmaschinen mit Wasserliederung. Struve's Glockenmaschine, Preuss. Zeitschr. 1858, 6. Bd., S. 110; Harzer Wettersatz, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1861, S. 107; Kolbenmaschinen, Bull. soc. ind. min. 1884, 13. Bd., S. 686 u. 707. Althans' Wasserstopfengebläse, Civilingenieur 1861, 7. Bd., S. 474; Luftcompressor v. Richter und Paschke, Oest. Zeitschr. 1882, S. 50; Wetterlosung durch Wasser, Preuss. Zeitschr. 1884, 32. Bd., S. 299; Guibal's hydropneumatische Schraube, Revue universelle 1857, 1. Bd., S. 412.

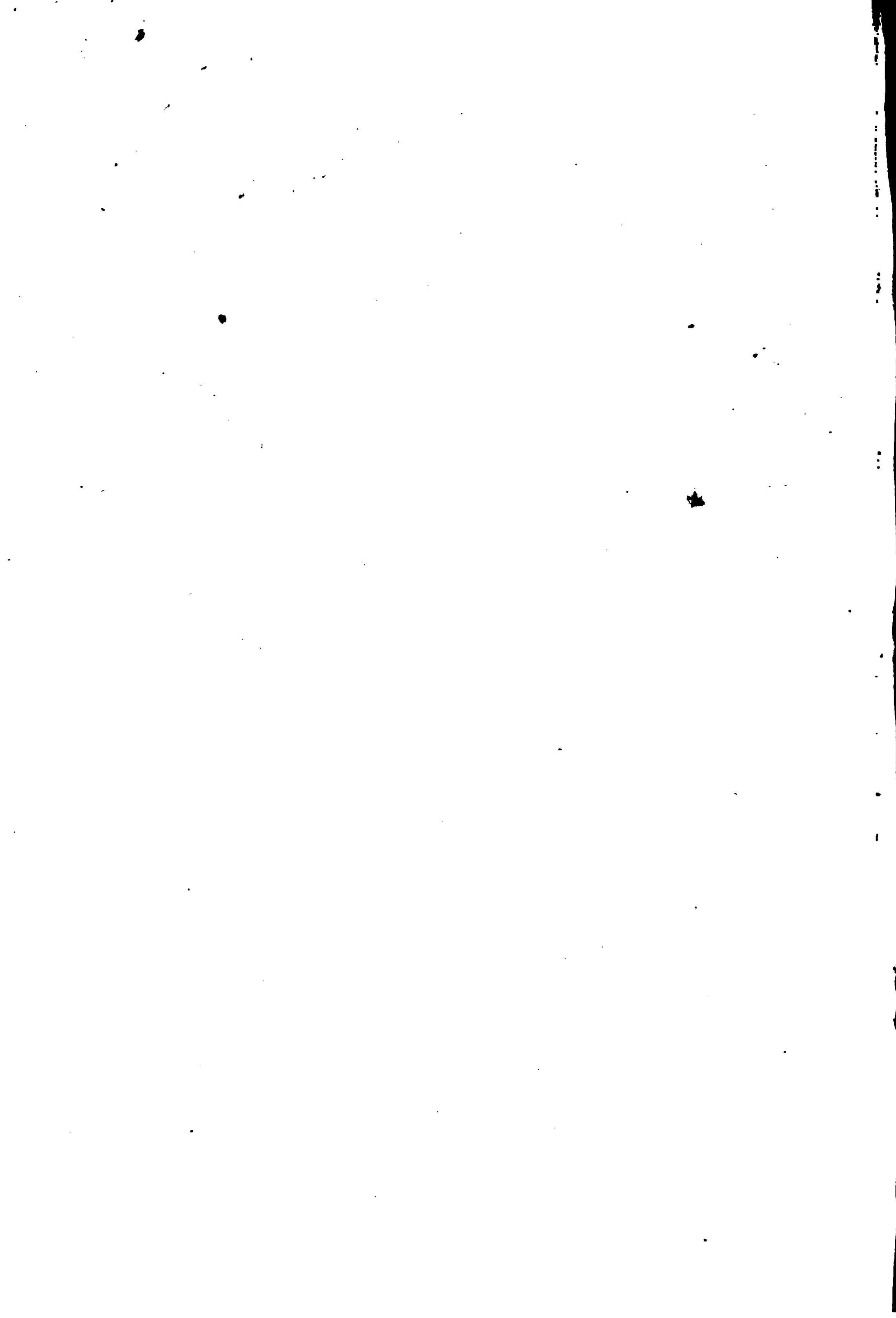
Separatventilation. Preuss. Zeitschr. 1860, 8. Bd., S. 196; Menzel, Civilingenieur 1878, 24. Bd., S. 71; Freiberger Jahrbuch 1879, S. 129; Leclaire, Comptes rendus de la soc. de l'ind. min. 1880, S. 180; Preuss. Zeitschr. 1881, 29. Bd., S. 269 und 1882, 30. Bd., S. 255; Förster, Freiberger Jahrbuch 1882, S. 1; Hausse, ebendas. 1883, S. 106; Preuss. Zeitschr. 1883, 31. Bd., S. 208; 1884, 32. Bd., S. 299; Savelsberg, Zeitschr. deutscher Ing. 1884, 28. Bd., S. 881; v. Steindel, ebendas. S. 49; Harzé, Annales des travaux publics de Belgique 1885, 43. Bd.; Simmersbach, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1885, S. 205; Preuss. Zeitschr. 1886, 34. Bd., S. 264; 1888, 36. Bd., S. 241; Freiberger Jahrbuch 1887, 2. Theil, S. 116; Mathet, Bull. soc. ind. min. 1888, 2. Bd., S. 133. Die Strahlapparate dienen grossentheils auch zur Separatventilation; deren Literatur wurde bereits angeführt.

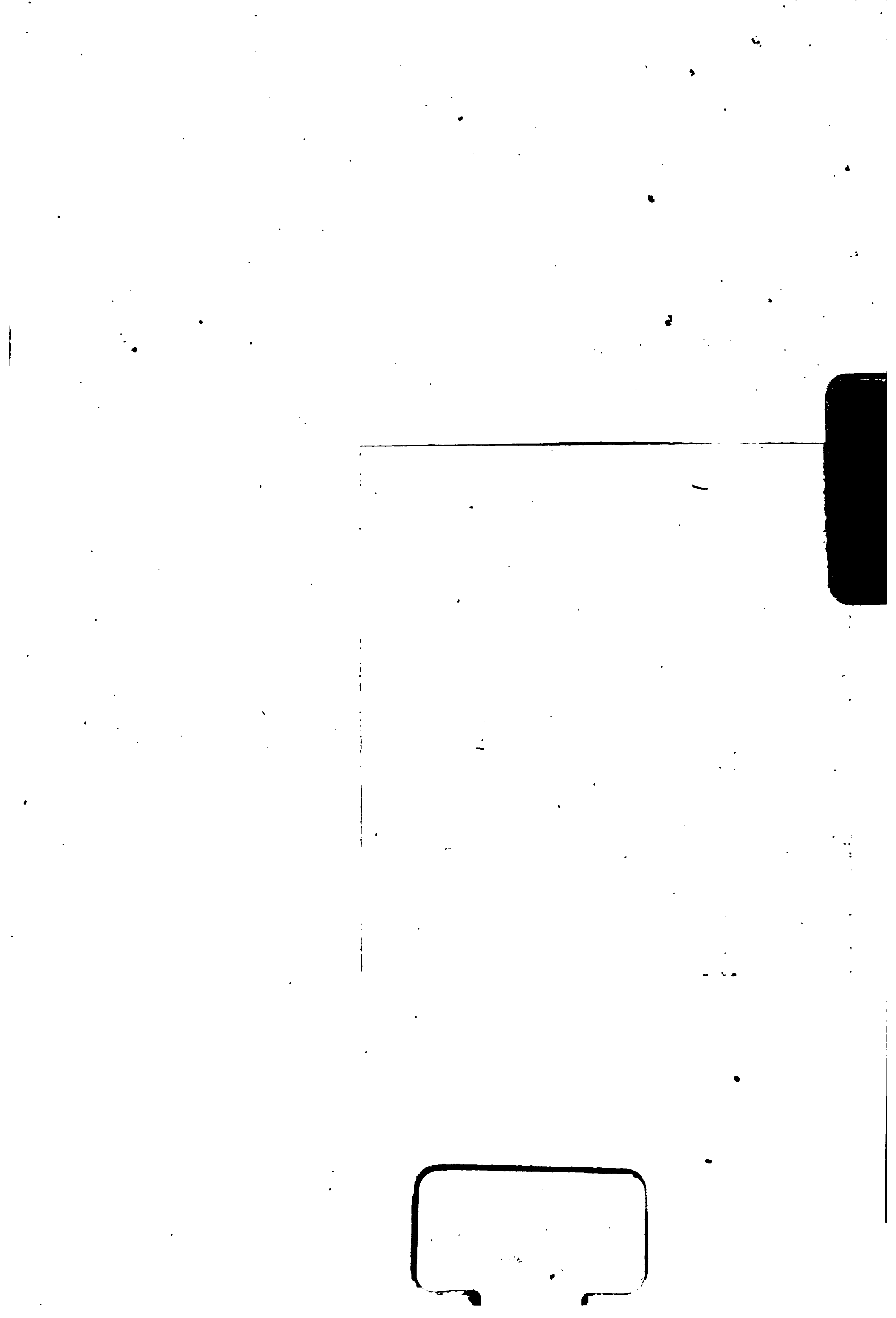
Elektrische Transmission zur Separatventilation: Preuss. Zeitschr. 1882, 30. Bd., S. 255; 1886, 34. Bd., S. 263 und 1887, 35. Bd., S. 261; Freiberger Jahrbuch 1883, S. 30; Oest. Zeitschr. 1881, S. 679; Dingler's p. J. 1884, 252. Bd., S. 302.

Leipzig.

Druck von A. Th. Engelhardt.








Eng 1538.89
Die Wettermaschinen.
Cabot Science 005204575
3 2044 092 001 726